

## [A] TIIVISTELMÄ - SAMMANDRAG



SUOMI-FINLAND

(FI)

Jäts 31.05.1999

Patentti- ja rekisterihallitus  
Patent- och registerstyrelsen

(11) (21) Patenttihakemus - Patentansökan 955274

(51) Kv.lk.6 - Int.cl.6

B 25J 19/04, 13/08

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag 03.11.95

(24) Alkupäivä - Löpdag 03.11.95

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig 04.05.97

(71) Hakija - Sökande

1. Oy Robotic Technology Systems Finland, Ltd, Juuan teollisuuskatu 12, 02920 Espoo, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Sundelin, Keijo, Pajukuja 15, 14200 Turenki, (FI)  
2. Sundelin, Ismo, Jaakkolantie 19, 13100 Hämeenlinna, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Forssén &amp; Salomaa Oy

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Työstösolu ja menetelmä kappaleen työstämiseksi  
Arbetscell och förfarande för bearbetning av ett stycke

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön kohteena on työstösolu kappaleen (P) työstämiseksi. Työstösolu käsittää työstörobotin (100), johon kiinnitetyn työkalun (60) avulla poistetaan kappaleen pinnasta materiaalia kappaleen pinnan muodon saamiseksi halutuksi. Työstösolu käsittää työpöydän (10), johon työstettävä kappale (P) kiinnitetään työstön ajaksi. Työstösolu käsittää työstettävää kappaletta mittaavan mittausjärjestelmän (90), jonka avulla mitataan työstettävän pinnan tarkat dimensiot. Laitteisto käsittää keskustietokoneen (70), johon työstettävästä kappaleesta (P) saatu mittaus tieto mittausjärjestelmältä (90) siirretään. Käskyt työstörobotin ohjausyksikölle (50) tuotetaan kappaleesta saatujen mittajärjestelmän (90) tuottamien mittatietojen perusteella.

Jatkuu seur. sivulla  
Forts. nästa sida

A 3

Työstösolu ja menetelmä kappaleen työstämiseksi

Arbetscell och förfarande för bearbetning av ett stycke

5

Keksinnön kohteena on työstösolu ja menetelmä kappaleen työstämiseksi.

Tekniikan tasosta tunnetaan työstösolut, joissa robotti on sovitettu työstämään kappaletta, joka on kiinnitetty työpöytään. Tunnetaan erilaiset numeerisesti ohjatut järjestelmät, 10 jossa kappaleen loppumitat saavutetaan ennalta ohjelmoidusti. Kuitenkaan ennestään ei tunneta sellaista järjestelmää, jossa saavutettaisiin tarkka työstötulos erillisen mittauksen perusteella, joka mittaus perustuu pinnan tarkkaan havainnointiin. Tässä hakemuksessa on esitettykin uusi tarkka erityisesti potkureiden hiontaan tarkoitettu järjestelmä, jossa kameramittaukseen perustuen suoritetaan potkurin pinnan hionta valuvaiheen 15 jälkeen.

Keksinnön mukainen järjestelmä käsittää kappaleen kiinnityslaitteiston, ns. työpöytärobotin. Kappale kiinnitetään työpöytärobotin akselille X. Kappale asennoidaan siten, että kappaleen symmetria-akseli tulee kappaleen kiinnityslaitteiston pyöritysakselin 20 geometriselle keskeisakselille. Laitteisto käsittää erillisen nostojärjestelmän, jolla kappale on nostettavissa halutuille työskentelykorkeuksille ja mittauskorkeudelle.

Keksinnön mukaisesti kappale kiinnitetään tarkkaan asemaan erillisen kiinnityslaitteiston, edullisesti lukitussylinterin avulla. Kun työstettävänä kappaleena on potkurilaitteisto, kohdistetaan lukitussylinterin kautta lukitusvoima kappaleen navan päädyissä 25 navan sisällä oleviin kartiokappaleisiin, jotka keskittävät kappaleen ja puristavat kappaleen kartioiden väliin, jolloin kappale tulee keskitetyksi ja kiinnitetyksi.

Keksinnön mukainen laitteisto käsittää erillisen kappaletta havainnoivan ja mittaavan 30 järjestelmän, jonka olennaisena osana ovat tunnistinlaitteet, edullisesti tunnistussäteen mitattavasta pisteestä vastaanottavat detektorit, edullisesti kamerat esim. viivamatriisikamerat. Tunnistuslaitteena voi olla myös muukin kuin kamera. Periaatteena on kappaleen

pisteen paikan määrittäminen kolmiomittaukseen perustuen, jolloin kahden havainnointilaitteen avulla tuotetaan mitattavalta pinnalta siihen tuotetusta mittapistestä mittasignaali samanaikaisesti kumpaankin havainnoivaan detektorilaitteeseen. Järjestelyn avulla havainnoidaan mittauspisteestä detektoreille tulevat mittasäteet ja niiden suunta. Kun  
 5 tunnetaan detektoreille tulevien vektoreiden suunnat, voidaan määrätä mittapisteen tarkka asema mittapinnalla ja edelleen mitatun pinnan kohdan tarkka paikka mittavektoreiden  $\bar{V}_1$  ja  $\bar{V}_2$  leikkauspisteessä. Kun kameroiden asemat tunnetaan, voidaan määrätä mittapisteen tarkka paikka minkä tahansa koordinaatiston suhteen. Näin voidaan määrittää kappaleen tarkat dimensiot sen pinnan tarkka profiili ja muoto.

10

Eräässä edullisessa suoritusmuodossa valopistettä skannataan laser-skannerilla mitattavalla pinnalla siten, että muodostuu mittaviivoja. Kunkin viivan tarkka asema voidaan laskea ja siten viivan muodostamien pisteiden tarkka asema. Edelleen muodostetaan vierekkäisiä valoviivoja, jolloin koko pinta saadaan kartoitetuksi ja luotua kyseisen  
 15 pinnan muotoprofiili. Kun potkurin lapa on kartoitettu ylhäältä ja alhaalta, siirrytään seuraavaan lapaan jne. Mittasäteet muodostetaan mitattavan kappaleen reunasta keskeisakselia X kohti eli potkurin ollessa kyseessä potkurilavan kärjestä sen tyveä kohti.

Keksinnön mukaisessa järjestelmässä havainnoidun pinnan mittatietojen avulla ohjataan  
 20 kappaletta työstävää robottia, joka suorittaa edelleen mitatun pinnan työstön. Mitta-arvojen perusteella jaetaan mitattava pinta erilaisiin työstösektoreihin, jolloin hionta tapahtuu eri sektoreissa edullisemmalla mahdollisella hiontalaikalla ja edullisimmilla muillakin työstöarvoilla.

25 Keksinnön mukaisesti kiinnitetään työkappale, edullisesti potkuri valun jälkeistä hiontaa varten keksinnön mukaisesti työpöytään erillisten kartioiden avulla. Keksinnön mukaisessa rakenteessa potkuri on nostettavissa eri työskentelykorkeuksille, jolloin potkurin lapa voidaan potkuria irrottamatta työstää sekä yläpuolelta että alapuolelta. Edullisesti sijaitsevat tällöin mittavälineet sekä potkurin lavan yläpuolella että alapuo-  
 30 lella. Keksinnön mukaisessa rakenteessa, kun potkuria voidaan työpöytään kiinnitettynä

lisäksi kiertää haluttuun kulma-asemaan, saadaan potkuri työstettyä, edullisesti hiottua samalla kiinnityksellä kauttaaltaan.

Näin ollen keksinnön mukainen järjestelmä käsittää ainakin yhden robotin ja edelleen  
5 keskustietokoneen laitteiston ohjaamiseksi. Keksinnön mukaisessa rakenteessa työpöytään kiinnitetty työkappale, edullisesti potkuri työstetään samalla kiinnityksellä niin, että on kaksi eri työstöasemaa; ylin työstöasema, jossa hiotaan potkurin lavan alapinta ja alin työstöasema, jossa hiotaan potkurin yläpinta. Mainittujen työstöasemien välillä on mittausasema, jossa potkurin dimensiot mitataan sekä potkurin lavan ylä-  
10 pinnalta että lavan alapinnalta, jolloin saadaan määritettyä lavan poikkileikkausprofiili koko lavan matkalta eli potkurin lavan dimensiot.

Keksinnön mukaisessa työstösolussa kun työstettävänä kappaleena on potkuri ja työstömenetelmänä hionta, suoritetaan potkurin lavan hionta edullisesti säteittäisiä  
15 työstöratoja pitkin potkurin lavan kärjestä potkurin lavan tyveen. Työstöjen välillä suoritetaan kappaleen mittaus ja saatujen mitta-arvojen perusteella ohjataan edelleen robottia, kunnes saavutetaan lopulliset työstettävän kappaleen halutut dimensiot.

Kun kappaletta, esim. potkurin lapaa L työstetään, ajetaan robotin moottorin pyörittä-  
20 mää hiontalaikkaa.

Keksinnölle on tunnusomaista se, mitä on esitetty patenttivaatimuksissa.

Keksintöä selostetaan seuraavassa viittaamalla oheisien piirustuksien kuvioissa esitettyi-  
25 hin keksinnön eräisiin edullisiin suoritusmuotoihin, joihin keksintöä ei ole tarkoitus kuitenkaan yksinomaan rajoittaa.

Kuviossa 1A on esitetty keksinnön mukainen kokonaisjärjestelmä havainnollisesti.

30 Kuviossa 1B on esitetty kuvion 1A mukainen konsepti tarkemmin.

Kuviossa 1C on esitetty lohkokaaavioesityksenä tiedon kulku robottisolussa.

Kuviossa 2A on esitetty koneistettavan työkappaleen kiinnityslaitteisto poikkileikkauskuvantona.

5

Kuviossa 2B on esitetty kuvion 2A mukaisen laitteiston käyttöjärjestelmä lohkokaaavioesityksenä.

Kuviossa 2C on esitetty eräs keksinnössä käytettävissä oleva kappaletta työstävä robotti.

10

Kuviossa 3A on esitetty keksinnön mukaisessa järjestelmässä potkurin hionnassa käytetty mittausperiaate.

Kuviossa 3B on esitetty mittapisteen vieminen potkurin lavan suuntaisesti, jolloin mittapisteen muodostavat pinnalle valaistun juovan.

15

Kuviossa 3C on esitetty valolähteenä oleva laserskannerin toimintaperiaate.

Kuvioissa 1A, 1B ja 1C esitetty järjestelmä koostuu seuraavista pääkomponenteista; työpöytärobotista eli työpöydästä 10, hiontarobotista 100, robotin ohjausyksiköstä 50, hiontatyökaluista 60, keskustietokoneesta 70, ohjelmoitavasta logiikasta 80 ja mittausjärjestelmästä 90. Mittausjärjestelmä 90 puolestaan koostuu mittautietokoneesta 91, kameroista  $91a_1, 91a_2 \dots$  ja valonlähteistä  $92a_1, 92a_2 \dots$

25

Työkalut 60 ovat edullisesti hiontatyökaluja, esimerkiksi hiontalaikkoja, joilla kappale on työstettävissä haluttuihin järjestelmään syötettyihin loppumittoihin. Robotti 100 on sovitettu moottorillaan pyörittämään työstökalua 60 aineen poistamiseksi kappaleen pinnasta. Työstökalut 60 voivat olla myös muita materiaaleja poistavia työkaluja, kuten esim. hiekkapuhallusvälineitä tai vastaavia.

30

Valolähteestä  $9a_1, 9a_2$  tuotetaan signaalit eli valonsäteet  $S$  mitattavan työkappaleen pinnalle  $P$ , johon ne muodostavat valoviivan.

### Keskustietokone

5

Työpöytärobotin 10 ja hiontarobotin 100 muodostavan solun pääohjaimena ja ohjelmointityökaluna on keskustietokone 70, jossa on Intelin 80486 prosessorin pohjautuva mikrotietokone, jossa on käyttöjärjestelmänä MS-DOS 6.2. Työmuistia mikrossa on 16 megatavua ohjelmien ajamiseen ja kiintolevyllä 540 megatavua muistia robottiohjelmien ja tiedostojen tallentamiseen. Mikrosta 70 on tietoliikenneyhteydet RS-232 väyliä 71 käyttäen robotille 100 sen ohjausyksikköön 50, työpöydän 10 CNC-ohjaimelle 40, mittausjärjestelmälle 90 ja tasapainotusanturille sekä ohjelmoitavaan logiikkaan 80. Lisäksi keskustietokone 70 on liitetty väylin 72,73 suunnittelutietokoneeseen 95 ja mittaustietokoneeseen 91.

15

Kuviossa 2A on esitetty työpöytä rakenne poikkileikkauksena. Kuviossa on esitetty kappaleen kiinnityspöytälaiteisto 10. Kiinnityspöytälaiteistoa nimitetään myös ns. työpöytärobotiksi. Kiinnityspöytälaiteisto 10 lepää kuviossa esitetysti lattian  $D$  varassa ja laiteisto ulottuu lattian  $D$  pinnan tasolta  $D'$  alapuoliseen kerrokseen  $K$ . Lattiatason aukon  $A$  kautta on viety laiteisto osittain alapuoliseen kerrokseen  $K$ . Lattiaan  $D$  on liitetty kansi  $k$ . Kanteen  $k$  on liitetty edelleen rengaslevy  $k'$  sekä laiteistoa pystysuunnassa ohjaava (suunta  $X$ ) holkkiakseli 11. Rengaslevy  $k'$  on usean kuusiokoloruuvien  $r$  varassa kiinni kannessa  $k$ . Kuusiokoloruuvia kiertämällä saadaan työpöydän keskiakseli asetettua tarkasti pystysuoraksi. Rengaslevy  $k'$  lukitaan pystyasentoon kiristämällä rengaslevyn  $k'$  lukitusruuveja  $r$ , jolloin rengaslevy puristuu kuusiokoloruuvien kierteitä vasten tiukasti asemaansa. Rengaslevyn  $k'$  ja akselin 16 laipan  $G_1$  ulkokuoren  $G_3$  välillä on joustava palje  $W$ , joka suojaa johdepintoja.

Holkkiakseli 11 eli pinoli ohjaa laiteistoa liukulaakeroinnilla pystysuunnassa. Rengaslevyn  $k'$  on liitetty kannen alapuolelle nostosylinterit  $12a_1, 12a_2$ , edullisesti hydraulisylinterit. Nostosylinterit  $12a_1, 12a_2$  liittyvät männänvarresta  $12a'_1, 12a'_2$  rengaslaippaan 13,

jonka keskelle on asetettu laitteiston varsinainen pyöritysakseli 14. Akselin 14 olakkeen J ja rengaslaipan 13 akselia 14 vasten tulevan osuuden välille on asetettu laakeri  $15a_1$ , jonka varassa akseli 14 pyörii. Akselin 14 ulkopuolella on holkkiakseli 16, joka on pyörimätön ja joka on sovitettu liukumaan pinolin 11 ohjaamana pystysuunnassa.

- 5 Akselin 14 päädyssä rengaslaipan 13 alapuolella on hammaspyörä 17, jota pyöritetään hammashihnan 18 kautta sähkömoottorilla, edullisesti vaihtovirtamoottorilla 19, joka liittyy rengaslaippaan 13. Sähkömoottorin 19 ulostuloakselin käyttöpyörä 19' kytkeytyy hammashihnaan 18, joka pyörittää hammaspyörää 17 ja edelleen hammaspyörään 17 liitettyä akselia 14 ja sitä kautta työpöytä 23 ja potkuri P.

10

Akselin 14 yläpäädyssä on laakeri  $15a_2$  akselin 14 ja keskimmäisen holkkiakselin 16 päätyyn liittyvän laipan  $G_1$  välissä. Laipan  $G_1$  yläpuolella on rengaslevy  $G_2$ , jonka päällä on tasapainotussylinterit esimerkiksi rengassylinteri  $20a_1$ , jotka on sovitettu vaikuttamaan liikutettavaan laippaan 21, jonka päällä on tasapainotusanturit 22.

- 15 Tasapainotusanturien 22 päällä sijaitsee työpöytä 23. Näin ollen, kun lukitus avataan sylinterillä 27, voidaan rengassylinterillä  $20a_1$  potkuri P nostaa anturien 22 varaan tasapainotusta varten.

- Kiinnitysalustaan 23 kuuluu holkkiakseli 25 ja edelleen kartio 24, joka ympäröi  
20 holkkiakselia 25.

Akselin 14 onton sisätilan  $u_1$  ja holkkiakselin 25 onton sisätilan  $u_2$  kautta on ruuvattu lukitusruuvi d lukitusakseliin 26, joka liittyy akselin 14 päädyssä olevaan lukitussylinteriin 27.

25

Lukitusruuvin d päässä olevaa mutteria  $M_1$  kiertämällä saadaan kansilevy 31 puristettua tiukasti holkkiakselin 25 yläosassa olevaa irtoholkkia f vasten, jolloin lukitussylinterin lukitusvoima välittyy kartioiden 24,32, joiden varassa potkuri on, välityksellä sekä potkuriin P, että kiinnitysalustaan keskittäen potkurin sekä painaen kiinnitysalustan 23  
30 tiukasti työpöydän alapuolisia rakenteita vasten. Lisäksi on toinen kartio 32 vapaasti holkkiakselin 25 ympärillä. Kun potkurin P navan N lukitus työpöytänsä nähden

toteutetaan, kierretään ensin lukitusakselissa 26 olevaa mutteria  $M_1$  siten, että kansile-  
vyn 31 ja mutterin välille jää noin 2 cm välimatka. Lopullinen lukitus toteutetaan  
lukitusakselilla 26 käyttämällä lukitussylinteriä 27. Kun lukitus sylinterillä 27 avataan,  
eli kun lukitussylinterin 27 männänvartta 26 nostetaan ylöspäin ja samalla nostetaan  
5 vartta d ylöspäin, saatetaan potkuri P tasapainotusasemaan nostamalla mittausanturit  
kiinni työpöydän 10 kiinnitysalustaan 23. Tällöin potkuri P lepää tasapainotusanturien  
varassa ja potkurin P tasapaino on mitattavissa.

Osien 16 ja 11 välillä on liukusovite. Toimilaitteiden  $12a_1$  ja  $12a_2$  avulla nostetaan  
10 akselit 14,16 ja niihin liittyvät välineet ylös eri työstökorkeuksille ja eri mittakor-  
keudelle. Nostoliikettä ohjaa pinoli 11. Toimilaitteet  $12a_1$  ja  $12a_2$  ovat edullisimmin  
hydraulisylintereitä.

Lukitussylinteri 27 on kiinnitetty sylinterirungostaan pyöritettävän akselin 14 alapää-  
15 tyyn.

Kun potkuri P on kiinnitetty ja lukittu haluttuun työstöasemaan, nostetaan se nostosylin-  
terijärjestelyin  $12a_1, 12a_2$  halutulle työskentelykorkeudelle. Nostosylintereitä  $12a_1, 12a_2$   
käyttämällä voidaan siis toteuttaa potkurille P paitsi haluttu työskentelykorkeus, myös  
20 potkuri voidaan viedä mittauspisteeseen kameroiden ja valolähteen läheisyyteen.  
Nostosylintereitä  $12a_1, 12a_2$  käyttämällä nostetaan koko rakennekokonaisuus ylöspäin.

Keksinnön mukaisesti kiinnitetään työkappale, edullisesti potkuri valun jälkeistä  
hiontaa varten keksinnön mukaisesti työpöytäan erillisten kartioiden 24,32 avulla.  
25 Keksinnön mukaisessa rakenteessa potkuri on nostettavissa eri työskentelykorkeuksille,  
jolloin potkurin lapa voidaan potkuria irrottamatta työstää sekä yläpuolelta että  
alapuolelta. Edullisesti sijaitsevat tällöin mittavälineet sekä potkurin lavan yläpuolella  
että alapuolella. Keksinnön mukaisessa rakenteessa, kun potkuria P voidaan työpöytäan  
10 kiinnitettynä lisäksi kiertää haluttuun kulma-asemaan, saadaan potkuri työstettyä,  
30 edullisesti hiottua samalla kiinnityksellä kauttaaltaan.



Lukitus sylinterin alapäähän on ruuvattu kiinni akseli  $O_2$ , johon kulma-anturin sisäkehä  $O_3$  on kiinnitetty. Kulma-anturin sisäkehä  $O_3$  siis pyörii lukitus sylinterin 27 mukana.

5 Kulma-anturin ulkokehä  $O_1$  on laakeroitu sisäkehään. Ulkokehän pyöriminen sisäkehän mukana estetään rengaslaippaan 13 kiinnitetyn varren  $O_4, O_5$  avulla.

Hiottavat kappaleet P kiinnitetään työpöytärobottiin 10 nostamalla ne ensin erityiselle kiinnitysalustan akselille sijoitettaviin kahden kartion väliin ja nostamalla kiinnitysalusta työpöydän päälle. Työpöytärobotilla on kaksi vapausastetta: rotaatioliike ja translaatioliike pöydän pystyakselin suhteen. Näiden säätöliikkeiden lisäksi työpöytärobotti on varustettu työstettävän kappaleen kiinnittämiseen tarvittavalla lukitus-irrotusliikkeellä, tasapainotusliikkeellä, jossa kiinnitysalusta nostetaan irti pöydän pinnasta tasapainotusantureiden varaan sekä hydraulisella pöyrytysliikkeen lukituksella, joka varmistaa akselin 14 pysymisen halutussa asemassa.

15

Hydrauliikka on suunniteltu siten, että kiristysvoima riittää pitämään potkurin kartioiden välissä paikoillaan hiontaprosessin aikana.

### Tasapainotusanturit

20

Kaikki potkurit P tasapainoitetaan staattisesti sen jälkeen, kun ne ovat valmiiksi koneistettuja. Potkurin P staattista tasapainoitusta varten pöytään on asennettu kuusi punnitusanturia. Anturit ovat mittausalueeltaan kahdessa ryhmässä. Toisessa kolmen anturin ryhmässä yksittäinen anturi kykenee mittaamaan 0-200 kilogramman massaa ja 25 toisessa ryhmässä 0-1000 kilogramman massaa. Anturit on aseteltu hydraulisen rengassylinterin päälle siten, että kummankin ryhmän kolme anturia ovat tasajaolla rengassylinterin kehällä. Mittauksessa potkuri nostetaan hydraulisylinterillä kolmen anturin varaan, ja antureiden kuormitus luetaan mittausyksiköillä. Mittausyksiköiden analogia-digitaali-muunnin on 16 bittinen, jolloin suuremmilla antureilla saadaan 30 mittaustulos 100 gramman ja pienemmillä 10 gramman resoluutiolla. Anturiryhmän valinta tapahtuu kiinnittimen avulla. Kiinnittimet on suunniteltu siten, että vain toinen

anturiryhmä kuormittuu mittauksen aikana. Potkureille, joiden paino on alle 600 kilogrammaa, käytetään mittauksessa pienempiä antureita ja 600 - 3000 kilogrammaa painavilla potkureille käytetään mittausalueeltaan suurempia antureita.

- 5 Potkurin staattisessa tasapainotuksessa määritellään potkurin lavan kärkeen tasapainoituspaino. Sallitun painon suuruus on riippuvainen potkurin halkaisijasta sekä tarkkuusluokasta. Tasapainotusohjelma käyttää syöttötietoina suunnitteludatasta saatavaa potkurin halkaisijaa kierrosnopeudesta ja luokitusta sekä punnituksessa saatavia kolmen anturin mittaustuloksia. Tasapainoituspainon ja suunnan laskemisessa potkurilavan
- 10 kärjelle käytetään hyväksi massakeskipisteen laskuperiaatetta ja momenttisääntöä.

#### Hydraulinen translaatioliike

- Kääntöpöydän translaatioliike on toteutettu kahdella hydraulisynterillä  $12a_1, 12a_2$ .
- 15 Sylintereiden  $12a_1, 12a_2$  iskunpituus on noin 1000 millimetriä, ja ne pystyvät nostamaan yli 5000 kilogramman potkurin P. Pöydän nostoliike mahdollistaa robottihionnan potkurilavan alapuolelta, ilman potkurin P kääntämistä. Nostoliikkeen ohjaus on toteutettu takaisinkytketyllä proportionaaliventtiilillä.
  - 20 Pöydän hydraulitoimintoja ohjaa ohjelmoitava logiikka 80. Ohjelmoitavan logiikan tehtävänä on suorittaa sen muistiin ohjelmoidut loogiset tehtävät ja näiden perusteella ohjata hydraulitoimintoja. Tämä tapahtuu keräämällä tietoa solusta, käsittelemällä sitä ja ohjaamalla lähtöpiirejä. Solusta tuleva tieto saadaan pääosin kääntöpöytään asennetuista induktiivisista lähestymisantureista ja pöydän käsiohjaukseen tehdystä
  - 25 ohjaimesta sekä kontrolliohjelmasta. Käsiohjaimessa on jokaiselle toiminnolle omat kytkimet, joilla ohjataan liikkeiden suoritusta. Tulo/lähtöliittynän signaalitason taso on yleensä 24 V DC tai  $\pm 10$  V DC.

Kuviossa 2B on esitetty työpöydän rotaatioliikkeen ohjaus lohkoavioesityksenä.

Työpöydän pyöritys pystyakselin suhteen on toteutettu CNC-ohjatulla invertterikäytöllä. Näin potkurin kääntö voidaan suorittaa täysin käyttäjän määrittämän astekulman mukaan ja riittävän tarkasti. Ohjattava vaihtovirtamoottori on kooltaan 2,2 kilowattia ja sen tehonsiirrossa pyöritykseen käytetään vaihteistoa ja hammashihnaa.

5

Työpöydän pyörityksen ohjaus on toteutettu hajautetulla ohjausjärjestelmällä, missä keskustietokoneen 70 mikro toimii pääohjaimena ja itse liikkeiden ohjaus hoidetaan erillisellä, kaupallisella ohjainkortilla. Keskustietokoneen 70 kontrolliohjelmistoon on tehty ohjauskortin D tiedonsiirtoprotokollaa tukevat käskynmuodostusfunktiot.

10

Kuvan 2B mukaan järjestelmä koostuu pääohjaimena toimivasta keskustietokoneesta 70, tietoliikennettä ohjaavasta SWI (switch):stä, liikkeen ohjauksesta huolehtivasta kortista, pyörityksen suorittavasta taajuusmuuttajakäytöstä sekä näiden välisistä tietoliikenneväylistä. Mikrotietokoneelta annetaan paikoituskomennot ja statuskyselyt RS-232 väylällä pitkin SWI:lle. Tämä tulkitsee komennot ja lähettää ne edelleen RS-485 orjaväylälle. Orjaväylältä ohjainkortti D ottaa vastaan sille kuuluvat komennot ja ohjaa taajuusmuuttajaa niiden mukaan. Kun ohjainkortti D on suorittanut paikoituskomennon, se kuittaa paikan saavutetuksi statuskyselyn yhteydessä. Orjaväyläratkaisu mahdollistaa useamman paikoituskortin ja toimilaitteen käytön samassa väylässä.

20

Taajuusmuuttaja T saa nopeustakaisinkytkentänsä sähkömoottorin perään asennetusta pulssianturista. Taajuusmuuttajaa T ohjataan ohjainkortilla D, joka lukee asematiedon suoraan työpöydän akseliin kiinnitetyistä pulssianturista. Anturin kiinnittyessä suoraan pöydän akseliin vältetään paikoitustulosta heikentäviltä välyksiltä, joita esiintyy aina voimansiirtojen ja vaihteiden yhteydessä. Paikoitusanturin resoluutio on 180 000 pulssia kierroksella, mikä tarkoittaa, että yhden pulssin tarkkuus vastaa kulmana 0,002 astetta ja 1,5 metrin kehällä noin 0,005 millimetrin resoluutiota. Todellisessa paikoituksessa päästään vain noin 2-kertaisen toleranssialueen sisään. Kuitenkin tämä on riittävä asemointitarkkuus potkurille robotisoidussa hionnassa. Robotin oma toistotarkkuushan

30 oli  $\pm 0,4$  millimetriä.

Kuviossa 2C on esitetty työstöä, edullisesti hiontaa suorittava tekniikan tason mukainen robotti erilliskuvantona.

Robotti 100 käsittää robotin ohjausyksikön 50, josta tulevat ohjauskäskyt robottimekanismille. Mekanismi voi käsittää, kuten kuviossa on esitetty, puomiston  $L_1, L_2$ , joka on kierrettävissä pystytasossa ja joista alin puomisto  $L_1$  on lisäksi kiinnitetty siten alustaan  $L_3$ , että koko kokonaisuus on pyöritettävissä pystyakselin ympäri. Robotti 100 käsittää siten ensimmäisen puomin  $L_1$ , joka on käännettävissä pystytasossa ja siihen liitetyn toisen puomin  $L_2$ , joka on liitetty ensimmäiseen puomiin  $L_1$  ja on myös käännettävissä pystytasossa. Lisäksi puomi  $L_2$  on kaksiosainen ja se on uloimmalta osaltaan kierrettävissä jälkimmäisen osan suhteen puomiston keskeisakselin ympäri. Puomiin  $L_2$  liittyy edelleen robotin ranne  $L_4$ , joka on käännettävissä puomin  $L_2$  suhteen ja lisäksi se on kierrettävissä keskeisakselinsa ympäri, jolloin käsivarteen  $L_4$  liittyvä työkalu 100 omaa kuusi vapausastetta. Työkalu 60, edullisesti hiontalaikka, on siten ohjattavissa halutun liikeradan mukaisesti ohjausyksiköstä 50 tulevien käskyjen avulla ohjelmoituna. Edullista on, että työkalulla on mahdollisimman monta liikkeen vapausastetta, jotta työradoista saadaan riittävän jouhevia ja työstettävän työkalun muodot huomioonottavia.

Robottina 100 voidaan käyttää yleisesti mitä tahansa saatavilla olevaa, kaupallista ratkaisua, joka omaa riittävän työskentelyvaruuden ko. työkappaleiden työstämiseen.

Testisolussa on ollut käytössä IRB-6000. IRB-6000 on kuuden vapausasteen sähkömekaaninen nivelrobotti. Robotin peruskokoonpano koostuu ohjausyksiköstä 50 ja mekaanisesta nivelmanipulaattorista. Modulaarinen rakenne sallii robotille 10 erilaista versioita niin mekaaniseen rakenteeseen kuin sähköiseen ohjaukseen. Näitä ovat esimerkiksi erilaiset kiinnitysjalustat, käsivarret sekä ulkoiset servoakselit ohjauksineen. Käsiajo tapahtuu kannettavalla ohjauslaitteella, joka on liitetty kaapelilla ohjainyksikköön. Varsinaisesti ohjelmointi tehdään off-line-ohjelmointina.

Kuviossa 3A on havainnollisesti esitetty mittausjärjestelmä 90, jossa käytetään kahta kameraa  $91a_1, 91a_2$ .

- 5 Kamerat  $C_1$  ja  $C_2$  ollen viivamatriisikameroita, sijaitsevat tarkasti tietyssä asemassa mitattavaan kohteeseen F nähden. Laservalolähteestä L tuotetaan valonsäde, edullisesti laservalosäde kohteen pinnalle, jolloin pinnalle muodostuu valaistu piste P. Valaistu piste havainnoidaan kummassakin kamerassa  $C_1$  ja  $C_2$  ja kameras avulla voidaan laskea mittapisteen ja kameras fokusointitasolle muodostaman kuvapisteen välinen suuntavektori  $\bar{V}_1$ . Vastaava voidaan tehdä toisen kameras  $C_2$  kohdalla ja näin ollen vektoreiden  $\bar{V}_1$  ja  $\bar{V}_2$  leikkauspiste määrittää mittapisteen  $P_1$  paikan, kun tiedetään kameroiden  $C_1$  ja  $C_2$  tarkka sijainti. Vastaavasti tiedettäessä edellä mainitut suureet, voidaan pisteen P paikka määrätä minkä tahansa koordinaatiston K suhteen.

- 15 Skannaamalla sädettä S mitattavalla pinnalla, saadaan mittaviiva ja siten esimerkiksi potkurin profiili tietyssä kohtaa potkurileveyttä. Muodostamalla näitä mittaviivoja koko potkurin leveydelle joko liikuttamalla valon lähdettä tai mitattavaa kohdetta, saadaan mitattua pintaprofiili koko mitattavan kappaleen leveydeltä esim. juuri potkurin lavan leveydeltä. Kun yksi potkurin siipi on mitattu ja työstetty, käännetään seuraava siipi mittausasemaan ja työstöasemaan.

20

Mittausjärjestelmässä 90 potkurin P lavan  $L_1$  pinnalle voidaan sen eräässä suoritusmuodossa luoda mitattava kohta laserilla (LS). Järjestelmässä voidaan käyttää kohteen merkitsemiseen myös normaalia valkoista valokuovaa.

## 25 Näköjärjestelmän/mittausjärjestelmän tehtävät

- Hakijan robotisoidussa hiontasolussa näköjärjestelmää käytetään sekä robotin ohjauksessa että laadunvalvonnassa. Näköjärjestelmää hyödynnetään potkurin paikantamisessa sekä muodon mittauksessa että potkurin muotoa korjaavassa hionnassa.
- 30 Näköjärjestelmän avulla potkurin muodosta tehdään ISO 484 standardin mukainen mittauspöytäkirja.

Mittautietokoneena 91 toimii 80486-prosessoriin pohjautuva mikro, jonka käyttöjärjestelmänä on UNIX. Käyttöjärjestelmä tarjoaa mittausohjelmalle aidon moniajoympäristön sekä X-Window System käyttöliittymän. Kamerate 92a<sub>1</sub>, 92a<sub>2</sub>... kytketään mittautietokoneeseen 91 kahden kuvankäsittelykortin kautta. Järjestelmän pystytysvaiheessa

5 kuvankäsittelykorttiin liitetään myös ylimääräinen monitori, jonka avulla tarkistetaan kameroiden oikea orientaatio kohteeseen nähden sekä kameroiden tuottaman kuvan kirkkaus. Lisäksi järjestelmään voidaan liittää suunnattava valolähde 93a<sub>1</sub>, jonka automaattinen ohjaus suoritetaan suoraan mittausohjelmistosta käsin.

- 10 Potkurin muodon mittaamiseksi hakijan järjestelmässä käytetään kahdeksaa kameraa. Jotta näköjärjestelmä voisi mitata potkurin lapojen molemmat puolet, on kamerat kiinnitetty kahdeksi neljän kameran ryhmäksi työstösolun lattialle ja kattoon. Koska potkurin lavassa ei ole näkyviä kohtia mitattavaksi, joudutaan mitattavan kohdan merkitsemiseen käyttämään valonlähteitä, joilla siiven pintaan saadaan aikaan valokuo-
- 15 va. Potkurilavan sekä ylä- että alapuolelle luotavat valokuovat toimivat näköjärjestelmälle mittaushetkenä. Kameroiden ja valonlähteiden ympärille on rakennettu erilliset suojakotelot hiomapölyä vastaan. Koteloiden on pneumaattisella toimivilla luukut, jotka on liitetty logiikan välityksellä keskustietokoneeseen. Keskustietokone antaa käskyt joko manuaalisesti operaattorin ohjaamana tai automaattisesti mittausprosessiin liittyen avata
- 20 luukut mittauksen ajaksi ja sulkea ne sen päätyttyä.

- Kuviossa 3B on esitetty valokuovan e<sub>1</sub> muodostuminen potkurin P yläpinnalle. Jos kamerat 92a<sub>1</sub> - 92a<sub>8</sub> ja valonlähteet 93a<sub>1</sub> ja 93a<sub>2</sub> sijaitsevat potkurin P lavan L<sub>1</sub> molemmilla puolilla (kuvio 1A), tuotetaan valonsäde potkurin lavan L<sub>1</sub> molemmille puolille
- 25 samaan pystytasoon.

Valonlähteinä 93a<sub>1</sub>, 93a<sub>2</sub> voidaan käyttää joko valoprojektoreita tai laserskannereita (kuvio 3C).

- 30 Valoprojektorit 93a<sub>1</sub> asennetaan kiinteästi solun seinälle siten, että valokuovat kulkevat potkurin P navan N keskiakselin X kautta. Potkurin P mittauksessa toimitaan

siten, että potkuria P pyöritetään askelittain valojuova-alueen läpi ja samalla näköjärjestelmä mittaa jokaisesta pyörityskohdasta potkurinlavan ( $L_1$ ) profiilin. Siten järjestelmällä voidaan mitata myös potkureita, joiden lavat kiertyvät voimakkaasti navan ympäri. Mitattavat profiilit muodostuvat näin viuhkamaisesti potkurin pinnalle alkaen  
 5 navasta ja päätyen lavan ulkoreunalle.

Potkurin mittauksen kannalta tärkein alue on lavan kärjessä, joten tämä alue potkurista tulee mitata mahdollisimman tarkasti. Kuitenkin pyörityspöydän avulla tapahtuvassa mittauksessa mittausprofiilit loittonevat toisistaan potkurin ulkoreunalla. Lavan juureen  
 10 sitä vastoin tulee tiheään profiileita, vaikka sen muodolla ei ole niin suurta merkitystä potkurin toimivuuden kannalta. Tämä valojuovan suunnasta johtuva ongelma voidaan ratkaista mittaamalla potkurin siiveltä eri pituisia profiileita. Kaikissa potkurin mittauskulmissa valojuovasta ei siten lasketakaan napaan asti mittauspisteitä, vaan osa profiileista tavallaan katkaistaan keskelle lapaa. Näin saadaan mitattavien profiilien lukumää-  
 15 rää nostettua lavan kärjessä ilman, että lavan juureen tulisi turhan tiheään mittauspisteitä.

Profiilien mittauspaikat määritellään potkurin kiertokulmana sekä mitattavan alueen aloitus- ja lopetuskohtana. Laskentaa varten mittausohjelma lataa muistiinsa potkurin  
 20 geometriatiedoston. Ohjelma määrittelee aluksi tiedostosta potkurin ulkoreunan muodon sekä potkurilavan reunojen maksimi avautumiskulman napaan nähden. Kulman arvo jaetaan mitattavien profiilien lukumäärällä, jolloin saadaan yhden askelmaisen pyöri-tyksen kulman suuruus. Tämän jälkeen lasketaan jokaiselle pyöri-tyksen kulma-arvolle vastaava piste lavan ulkoreunalta, joka toimii mittausalueen lopetuskohtana. Mittausalu-  
 25 een aloituskohta saadaan potkurilavan juuresta. Kohtaa kuitenkin vaihdetaan joka toisessa mittauskulmassa siten, että sen paikaksi tulee lavan puoliväli. Mittajärjestelmän avulla voidaan määrittää työstettävän kohteen dimensiot.

Kuviossa 3C on havainnollistettu valolähteenä toimivaa laserskanneria LS.

- Toinen periaatteellinen vaihtoehto potkurin mittaukseen on, että potkurin P koko lapa  $L_1, L_2 \dots$  mitataan samassa kääntöpöydän 10 asemassa. Kuviossa 3C esitetysti on valoprojektoreiden tilalla ympyrämäisen pisteen  $P_1$  aikaansaava laserskanneri, jota kyetään ohjaamaan siten, että piste saadaan luotua haluttuun kohtaan siiven pinnalla.
- 5 Kun pistettä  $P_1$  liikutellaan suurella taajuudella noin (500 Hz) edes takaisin siiven pinnalla, saadaan valopiste  $P_1$  näyttämään kameroiden suhteen valojuovalta (kuvanotto-taajuus 25 Hz). Laserskannereiden avulla tulee mittauksesta hieman nopeampi, ja järjestelyllä saadaan hieman parempi mittaustarkkuus. Edelliseen vaikuttaa osaltaan myös se, että valopisteen nopeuta voidaan muuttaa valojuovan eri kohdissa siten, että
- 10 kameroihin näkyvän valon intensiteetti on tasainen koko valojuovan alueella.

Siiven pinnalle voidaan tehdä valojuovia samoilla periaatteilla kuin valoprojektoreita käytettäessä.

## 15 Näköjärjestelmän liittäminen keskustietokoneeseen

- Potkurin mittaus on automatisoitu keskustietokoneessa 70 ajettavan mittausohjelman avulla. Mittausohjelma laskee suunnitteludatan ja asetettujen mittausparametrien perusteella tarvittavien valojuovien määrän ja niiden sijainnit sekä kontrolloi sekä
- 20 näköjärjestelmää että työpöytää mittauksen aikana. Fyysisesti keskustietokone 70 on liitetty mittaustietokoneeseen 91 RS-232 sarjaväylällä. Näiden kahden tietokoneen välille kehitetyn tiedonsiirtoprotokollan ja käskykannan avulla pystytään välittämään keskustietokoneelta 70 tarvittavat komennot mittausjärjestelmän 90 ohjaamiseen.

## 25 Mittaus

- Ennen kuin valmiiksi laskettuja mittausalueita voidaan käyttää potkurin mittauksessa hyväksi, on tiedettävä potkurin karkea sijainti valojuovaan nähden. Vasta paikkatiedon perusteella saadaan suunnitellut mittausalueet osumaan oikeille kohdin potkurin lapaa.
- 30 Potkurin paikka saadaan helposti määriteltä sen kääntöpöydälle asennuksen yhteydessä. Tämä tapahtuu yksinkertaisesti siten, että asetetaan valojuova manuaalisesti päälle



ja käännetään potkurilavan toinen sivu valojuovan kohdalle. Asema on erityisen sopiva mittauksen kannalta, koska tähän kohtaan määritetään mittaushjelmassa ensimmäinen mitattava profiili.

- 5 Kun soluohjain on saanut siirrettyä potkurin P lavan  $L_1$  haluttuun mittaushkohtaan, mittaushjelma pyytää mittaamaan järjestelmän käskykomennolla. Mittaushkomennon yhteydessä järjestelmälle ilmoitetaan parametrien avulla valojuovasta mitattava alue ja pyörityspöydän asema asteina. Näiden lisäksi parametritietona kerrotaan juovasta mitattavien pisteiden lukumäärä.

10

Saatuahan mittaushkomennon, näköjärjestelmä ottaa kuvat valojuovasta ja kuittaa toiminnan tapahtuneeksi keskustietokoneelle 70. Tämän jälkeen keskustietokone 70 antaa käskyn kääntää potkurin P seuraavaan mittaushkohtaan. Näin käydään läpi koko potkurin P siipi. Kun on saavuttu viimeiseen mittaushkohtaan, keskustietokone 70

- 15 ilmoittaa mittaushjärjestelmälle 90 potkurin P lavan  $L_1$  mittauksen loppuneen. Mittaushjärjestelmä 90 kuittaa komennon ja aloittaa mittaushpisteiden laskennan otetuista kuvista. Lasketut pisteet tallennetaan tiedostoksi mittaush tietokoneen kovalevyille.

### Mittaush tulosten jatkokäsittely

20

Näköjärjestelmän luomat mittaushprofiilit eivät ole suoraan vertailukelpoisia suunnittelussa käytettävän geometriatiedon kanssa. Potkurin lavan geometria kuvataan yleensä noin kymmenellä ympyräkeskeisellä leikkauksella. Leikkaukset jaetaan pituuden mukaan eri prosenttipisteisiin. Samanlaista geometriapisteiden sijoittelua käytetään

25 myös standardin mukaisessa mittaushpöytäkirjassa. Jotta mitattua potkuria voitaisiin verrata suunniteltuun geometriaan, täytyy mittaush tulokset muuntaa standardin mukaiseen muotoon.

- 30 Muunnosta varten on käytössä näköjärjestelmän yhteyteen tehty ohjelma, joka suorittaa mittaushpisteiden sovituksen geometriamallin päälle ja laskee mittaushpöytäkirjan mukaiset geometriapisteiden arvot. Mittaushpöytäkirjan luomiseksi täytyy mittaushpro-

- fileista laskea standardin mukaisten pisteiden arvot. Laskennassa joudutaan käyttämään interpolointia pisteiden määrittämiseen, koska näköjärjestelmän luomat mittauspisteet eivät osu standardin mukaisiin kohtiin. Laskenta aloitetaan muodostamalla mittauspisteistä yhtenäisiä käyriä. Tämän jälkeen käyristä lasketaan leikkauskohdat jokaiselle
- 5 mittausradiukselle. Leikkauskohdista muodostetaan kunkin radiuksen mukaiset käyrät, joista lasketaan geometriatiedoston mukaiset vastinpisteet. Näin saadaan mittaustulos vertailukelpoiseen muotoon ja samalla muodostettua mittauspöytäkirja. Mittauspisteiden sovitusta geometriamalliin tuo jo arvokasta tietoa robotin ohjauksen kannalta. Sovituksesta saadaan potkurilavan paikka ja asento selville. Näiden tietojen perusteella voidaan
- 10 mitattu potkurin lapa siirtää suunniteltuun hionta-asemaan ja korjata robotin hiontaradat vastaamaan kyseisen lavan asentoa.

Kuvataan seuraavassa yksi edullinen suoritusmuoto:

## 15 Potkurin kiinnitys

Hiottava kappale (potkuri/impelleri) kiinnitetään työpöytärobottiin kiinnitysalustan ja kahden kartion sekä kiinnitysruuvin avulla. Kiinnitysruuvi vedetään hydraulisesti lopulliseen kiinnitystiukkuuteen.

20

## Alkutoimenpiteet

- Kytetään mittausjärjestelmän valokuova manuaalisesti päälle. Asetetaan yksi potkurin
- 25 siivistä silmämääräisesti tiettyyn asentoon ja korkeuteen näköjärjestelmän antaman valokuovan suhteen. Tämä voi tapahtua joko antamalla käskyt manuaalisesti solutietokoneen valvomo-ohjelmiston välityksellä työpöytärobotin pyörityslaitteistolle tai avaamalla kiinnitysruuvin hydraulinen lukitus siten, että potkuri on työpöydän kartion varassa varsin helposti pyöritettävissä käsin.

30

**Kontrolli-ohjelmisto:**

- Käynnistetään solun keskustietokoneen 70 kontrolli-ohjelmisto. Annetaan ohjelmistolle lähtötietona potkurin työnimi. Valitaan valikoista suoritettavat työmuodot: Potkurin
- 5 mittaus, muotoa korjaava hionta, puhtaaksi hionta, automaattinen tasapainotus. Käyttäjä voi valita edellämainituista minkä yhdistelmän tahansa. Käyttäjä voi merkata myös tarkastuskohdat haluamiinsa hiontaprosessin kohtiin. Esimerkiksi mittauksen jälkeen jäädään odottamaan käyttäjän kuittausta, jos käyttäjä haluaa tarkistaa mittaustulokset. Tai keskeytys voidaan asettaa tapahtuvaksi esimerkiksi jokaisen siiven hionnan jälkeen,
- 10 käyttäjän visuaalista tarkastusta varten.

- Lisäksi kontrolli-ohjelmiston valikosta voidaan valita haluttu työjärjestys puhtaaksihionnan ja korjaavan hionnan osalta. Tämä sen takia, että normaalista työstöjärjestyksestä (ensin korjaava hionta ja sitten koko siiven puhtaaksi hionta) voidaan joutua poik-
- 15 keamaan, jos huomataan esimerkiksi ensimmäisen siiven hionnan jälkeen, että valupinnan laatu on sen verran huono, että puhtaaksihionta vaatii normaalia enemmän aineenpoistoa siiven pinnalta. Työjärjestyksen muuttaminen voi tulla kyseeseen myös tarkemilla potkureilla pienten toleranssien johdosta.
- 20 Joka tapauksessa suoritettavan työmuodon ja keskeytysten valintoja voidaan muuttaa kesken hiontaprosessin, toiminta jatkuu sen hetkisen osaproessin loppuun, jonka jälkeen uudet toimintamuodot ja ehdot ovat voimassa.

**Prosessin aloitus**

- 25 Käyttäjän annettua toimintakäskyn valvomo-ohjelmiston valikosta käynnistää kontrolliohjelma mittausprosessin ensimmäisen siiven mittaamiseksi. Tämä tapahtuu seuraavasti:

## Valmistelevat toimenpiteet

Kontrolliohjelma välittää sarjaportin välityksellä ohjauslogiikalle käskyt kameroiden luukkujen avaamiseksi ja ylimääräisten valojen sammuttamiseksi.

5

## Mittausohjelma ja mittausjärjestelmä

Kontrolliohjelma kutsuu mittausjärjestelmän 90 mittautietokoneen 91 mittausohjelmaa, välittäen sille mitattavan potkurin P nimen, jonka perusteella mittausohjelma osaa ladata  
 10 muistiin oikean nimisen mittautiedoston tai jos mittautiedostoa ei ole olemassa, kutsuu mittausohjelma alirutiinia, joka tekee sen suunnitteludatan ja asetettujen mittausparametrien avulla.

Mittautiedoston perusteella mittausohjelma antaa sarjaportin välityksellä työpöydälle  
 15 10 käskyn pyörittää potkuria P askeltaen mittaussektorista toiseen. Jokaisen sektorin kohdalla mittausohjelma saa työpöydältä kuittauksen pyöritysaskelen toteutumisesta. Samoin mittausohjelma antaa sarjaportin välityksellä mittausjärjestelmälle käskyn suorittaa mittaus kyseisellä sektorilla. Mittauskäsky muodostuu mitattavan sektorin aloitus- ja lopetuskohdasta, mitattavasta kulmasta ja laskettavien mittauspisteiden lukumäärästä.  
 20 Mittausjärjestelmä sytyttää ja sammuttaa siiven pinnalle valonlähteestä syntyvän mittausvalokuovan. Kameroilla otetaan kuvat siivestä valokuovalla ja ilman valokuovaa.

## Mittaus ja siiven aseman optimointi

25

Näiden kuvion erotuksen tuloksena saadaan määriteltyä kuva, jossa on informaatiota vain valokuovan kohdalla. Kuvista määritetään juovan harmaasävyarvoista keskiviiva massakeskipisteen laskuperiaatteen mukaisesti, minkä jälkeen viiva jaetaan haluttuun määrään mittapisteitä. Kun mittapisteitä saadaan riittävän tiheästi koko siiven  
 30 alueelta, voidaan niiden perusteella laskea siiven pinnalle potkurin keskipisteen suhteen

luotuja radiuskäyriä, joita sovittamalla suunnitteludataan saadaan pienimmän neliösumman avulla selville siiven mahdollisimman "oikea" asema suunnitteludatan kannalta.

- 5 Kun siipi on mitattu, kuittaa mittausohjelmisto saamansa käskyn suoritetuksi kontrolliohjelmalle. Saadut mittaustiedot ja siipien optimaaliset asemat välitetään joko sarjaportin kautta tai siirretään paikallisverkon välityksellä solutietokoneelle jokaisen mittaustapah-  
tuman päätteeksi. Mittausohjelma indeksoi saatavien mittaustulosten tiedostojen nimet jokaiselle siivelle erikseen sekaannusten välttämiseksi.

#### 10. Hionnan työjärjestys

- Hionta aloitetaan potkurin siipien painepuolelta (yläpuolelta). Kukin siipi hiotaan ensin nousun suhteen oikeaan muotoon. Tämän jälkeen tehdään tarkistusmittaukset oikeiden muotojen toteamiseksi. Seuraavaksi hiotaan koko siipipinta puhtaaksi ja lopuksi viimeis-  
15 tellään hienommalla laikalla. Tämän jälkeen siivet hiotaan imupuolelta paksuuden mukaan. Ennen imupuolen pintojen viimeistelyä mitataan potkurin staattinen tasapaino. Sen tulosten mukaan potkuri hiotaan imupuolelta tasapainoon ja potkurin staattinen tasapainotus suoritetaan imupuolelta. Koska siivet on ennen tasapainotusta hiottu minimi-  
hiontaperiaatteen mukaan puhtaiksi, ei tasapainotuksessa normaalisti tule ongelmia  
20 toleranssien sallimien työvarojen ansiosta.

#### Mittaustulosten käyttö hiontaohjelmien tekemiseen

- Potkurin työnimen perusteella keskustietokoneen 90 kontrolli-ohjelma välittää työstöra-  
25 ta-ohjelmille suunnittelutiedoston nimen ja työstettävän siiven järjestysnumeron. Suunnittelutietokoneen 95 suunnittelutiedostossa on varsinaisten siipipinnan suunnittelu-  
datan perusteella tietoa myös potkurin luokituksesta ja navan dimensiosta. Järjestysnu-  
meron avulla työstörataohjelmisto osaa hakea oikeaa mittaustietokoneen 91 mittaustie-  
dostoa.

Hiontaohjelmien tekemistä varten käyttäjä määrittelee työkierron alussa tai sen aikana hiontaohjelmien tekemiseen vaikuttavien parametrien arvot. Tällaisia parametreja ovat esimerkiksi: aineenpoistoon vaikuttavat tekijät: eri työkalujen hiontakulma, hiontanopeus, hiontapaine, peräkkäisten työstöratojen etäisyys.

5

Juuri saatuja mittaustuloksia käytetään varsinaisten hiontaohjelmien tekemiseen. Kunkin siiven mittaustuloksia verrataan työstörataohjelmassa suunnitteludataan. Siiven nousulle, paksuudelle ja muodolle määritellään potkurin luokituksen perusteella toleranssirajat. Näiden rajojen mukaan määritetään kullekin suunnittelupisteelle sallitut toleranssiajat.

- 10 Vertailun perusteella määritetään alueet, joissa on ylimääräistä materiaalia sekä ylimääräisen materiaalin määrä. Toisaalta käytettävän hiontalaikan 60, hiontapaineen, hiontakulman, peräkkäisten hiontaratojen välisen etäisyyden ja hiontanopeuden perusteella tunnetaan yhdellä työkierrolla poistuvan materiaalin määrä riittävällä tarkkuudella. Näin ollen voidaan määritellä tarvittavat työstöalueet ja työstökertojen
- 15 lukumäärä tavoiteltavan pinnanmuodon saavuttamiseksi.

Lisäksi hiontaohjelmia laadittaessa otetaan huomioon siiven todellinen muoto toleranssi-alueiden sisäpuolella ja suoritetaan hionta tämän tiedon perusteella eli hiotaan siipi standardien puitteissa mieluummin sen todellisen muodon kuin ideaalisen suunnitteludatan

- 20 perusteella. Tämähän on sallittua ja perusteltua pyrittäessä minimoimaan poistettavan aineksen määrää. Tosin pienillä dimensioeroilla suunnitteludatan ja todellisen muodon välillä sekä kehittyneillä hiontatyökaluilla tällä asialla ei ole suurtakaan merkitystä. Kehittyneillä työkaluilla tarkoitetaan tässä hiontapaineen säätöön pysyviä työkaluja.
- 25 Kaiken edellä mainitun informaation perusteella keskustietokoneen 70 työstörataohjelmisto laskee robotille 100 tarvittavat työstöradat ja työstökertojen lukumäärän siiven pinnan hiomiseksi ja tallettaa saadut ohjelmat tiedostoon.

## Hionta

- Tämän jälkeen keskustietokoneen 70 kontrolliohjelma lataa tehdyt ohjelmat robotin ohjausyksikön 50 muistiin sarjaportin välityksellä, käynnistää hionnan ja valvoo robotilta 100 tai muualta solusta tulevia viestejä. Hiontatyökierron päätyttyä robotti 100 ilmoittaa siitä keskustietokoneen 70 kontrolliohjelmalle.

## Tarkistusmittaus ja siipipinnan puhtaaksi hionta

- 10 Kun korjaava hionta on tehty, suoritetaan tarkistusmittaus ja toistetaan tarvittaessa korjaava hionta. Kun tarvittavat toleranssit on saavutettu, hiotaan koko siiven pinta puhtaaksi. Mainitulla työjärjestyksellä (ensin korjaava hionta sitten puhtaaksihionta) pyritään vähentämään tarvittavien hiontakertojen lukumäärää. Luonnollisesti korjaavaa hiontaa tehtäessä otetaan huomioon puhtaaksihionnassa poistuva materiaali-
- 15 paksuus. Kun kaikki siipipinnan mittauspisteet ovat toleranssialueiden sisäpuolella, voidaan siipi hioa lopullisesti puhtaaksi. Ohjelman tekeminen tapahtuu samoin periaattein kuin korjaavan hionnan osalta. Samaten toteutusvaiheessa ei ole mitään uutta.

## Siipien väliset kulmat ja potkurin pyöritys

20

- Tässä vaiheessa on hiottu ensimmäisen siiven painepuoli ja potkurin oikea asento koko muuhun soluun tunnetaan tämän ensiksi mitatun siiven suhteen. Mutta koska valumuotin kokoamisessa ja valutapahtumassa monesti tulee pieniä kulmamuuutoksia muottien asennoissa toisiinsa nähden, saattavat potkurin siivet sijaita ylhäältä päin katsottuna
- 25 hieman eri kulmissa pyörimisakseliin nähden ts. nelisiipisen potkurin siipien keskilinjat eivät ole tason 90° asteen jaoin pyörimisakselin suhteen, vaan pikemminkin noin 90° asteen kulmissa. Potkuristandardit sallivat tämän kaltaisen poikkeaman (S ja I luokan potkureilla poikkeama saa olla  $\pm 1$  astetta ja II ja III-luokan potkureilla  $\pm 2$  astetta eli poikkeamaa sallitaan verrattain paljon. Käytännössä näin suuria virheitä ei esiinny.
- 30 Edellä mainitusta seuraa, että jos potkurin aseman referenssi kiinnitetään tämän ensimmäisen siiven suhteen pysyvästi, saattavat muut siivet epäsymmetrian tähden olla

sen verran sivussa referenssipisteestä, että siiven sijainti ei ole hionnan kannalta optimaalinen vaan joudutaan poistamaan siiven pinnalta tarpeettomasti materiaalia. Näin ollen jokaiselle siivelle täytyy etsiä sen oikea asento hionnan kannalta huomioiden samalla toleranssien tässä yhteydessä asettamat vaatimukset.

5

Seuraavat mitattavat siivet käännetään (kontrolliohjelma) mittausasemaan tämän ensiksi mitatun siiven optimaalisen aseman mukaan. Jos siipien keskilinjat eivät ole tason 90 asteen kulmissa toisiinsa nähden, ei tästä aiheudu tässä vaiheessa mittaukselle hankaluuksia, koska siiven pinnalle heijastettavien valonsäteiden ei tarvitse olla tarkasti juuri tietyssä kohdassa siipeä, riittää, kun vain siiven pinnalle luotavat valonsäteet osuvat siiven pinnalle.

Jokainen siipi mitataan ja mainittujen periaatteiden mukaisesti määritellään siis kullekin siivelle hionnan kannalta optimaalinen referenssiasema (kulma-asema ja korkeus).

15 Siipien korkeuserot toisiinsa nähden voidaan huomioida joko siirtämällä työpöytärobotin avulla potkuri haluttuun työstökorkeuteen tai tekemällä hiontaohjelmat siiven oikean korkeuden mukaan. Jälkimmäinen vaihtoehto on yksinkertaisempi, koska jokaiselle siivelle kuitenkin tehdään sen mittojen mukaan oma hiontaohjelma niin samalla myös sen korkeusero voidaan huomioida. Luonnollisesti tässä vaiheessa vertaillaan siipien

20 välisiä korkeuseroja standardien sallimiin poikkeamiin.

### **Imupuolen työstö**

Kun potkurin painepuoli on saatu kaikkien siipien osalta hiottua ja pinta viimeistelyä,

25 antaa kontrolliohjelma logiikan välityksellä työpöytärobotille käskyn nostaa potkuri imupuolen hiontakorkeudelle.

Hionta suoritetaan samoin periaattein kuin painepuolenkin hionta. Hiotaan siiven imupuoli ensin siiven paksuuden mukaan toleransseihin (ylärajalle) ja hiotaan tämän

30 jälkeen koko siipipinta puhtaaksi. Ennen siipien viimeistelyä potkuri tasapainotetaan.



Hiottavat siivet käännetään hionta-asemaansa kunkin siiven "oikean" aseman suhteen kohdalleen.

### Tasapainotus

5

Vaikka potkurin siivet on tässä vaiheessa hiottu lähes samanlaisiksi, saattaa potkurin tasapaino silti tässä vaiheessa heittää. Syynä tähän voi olla esimerkiksi navan akselireiän hieman epäkesko sijainti navan ulkopintaan nähden.

- 10 Tasapainotusvaiheessa kontrolliohjelma kutsuu tasapainotusohjelmaa, joka antaa logiikalle sopivat ohjaukset, jolloin potkurin hydraulinen kiinnitys aukeaa ja kolme tasapainotusanturia nostavat potkurin ilmaan. Antureiden ilmaisemat lukemat luetaan sarjaporttien välityksellä keskustietokoneeseen ja niiden perusteella verrataan laskettua potkurin tasapainoarvoa standardin mukaiseen arvoon (huomioiden tietty varmuuskerroin).
- 15 roin). Jos saadun tuloksen perusteella potkurin tasapaino ei ole kohdallaan, täytyy potkuria tasapainottaa. Laskennan tuloksena saadaan selville myös ylimääräisen aineksen sijainti potkurin sen hetkiseen asemaan nähden.

- Laskennassa saadun tasapainotuskulman ja potkurin sen hetkisen aseman mukaan saatu
- 20 tasapainotusmassa jaetaan potkurin siiville. Tällöin tasapainotusmassa voi jakautua joko yhdelle tai jos laskettu tasapainotusmassa sijaitsee kahden siiven välillä, kahdelle siivelle. Tasapainotusohjelma rekisteröi sen siiven numeron, jolla suurempi tasapainotusmassa sijaitsee.

- 25 Kun nyt tiedetään mitatun ja sallitun tasapainopoikkeaman erotus sekä lisäksi työstettävän materiaalin tiheys ja yhdellä työstökerralla poistuvan materiaalin määrä, voidaan laskea tasapainotushionnassa käytettävän alueen suuruus ja työstökertojen lukumäärä. Tasapainotuksessa poistettavan alueen suuruus jaetaan parametritietona asetettavan radiuksen pituuden suhteen (esimerkiksi radiuksen 0,7 pituus), jolloin saadaan määriteltä
- 30 tyä radius, jolle tasapainotushionta siiven kärjestä päin kohti napaa rajoitetaan.

Tasapainotusohjelma ilmaisee lopuksi kontrolliohjelmalle tasapainotusta tarvitsevan siiven numeron, ja tarvittavien työstökertojen lukumäärän, jos tasapainotusta ei tarvita on työstökertojen lukumääräksi asetettu 0.

- 5 Kontrolliohjelma käynnistää siiven hionnan normaalisti. Kun ensimmäinen tasapainotus on hionnan kannalta suoritettu, toistetaan tasapainotusohjelman kutsu, kunnes vastauksena saadaan työstökertojen lukumääräksi 0.

#### **Pintojen viimeistely**

10

Tämän jälkeen voidaan myös imupuolen siivet viimeistellä hienolla laikalla.

#### **Mittauspöytäkirja**

- 15 Siipien hionnan osalta potkuri on nyt valmis. Lopuksi mitataan koko potkuri vielä kertaalleen ja tuloksista tehdään automaattisesti standardien mukainen mittauspöytäkirja.

## Patenttivaatimukset

1. Työstösolu kappaleen (P) työstämiseksi, joka työstösolu käsittää työstörobotin (100),  
johon kiinnitetyn työkalun (60) avulla poistetaan kappaleen pinnasta materiaalia kappaleen pinnan muodon saamiseksi halutuksi ja joka työstösolu käsittää työpöydän (10),  
5 johon työstettävä kappale (P) kiinnitetään työstön ajaksi, joka työstösolu käsittää työstettävää kappaletta mittaavan mittausjärjestelmän (90), jonka avulla mitataan työstettävän pinnan tarkat dimensiot, jolloin laitteisto käsittää keskustietokoneen (70),  
10 johon työstettävästä kappaleesta (P) saatu mittaustieto mittausjärjestelmästä (90) siirretään ja että käskyt työstörobotin ohjausyksikölle (50) tuotetaan kappaleesta saatujen mittajärjestelmän (90) tuottamien mittatietojen perusteella, t u n n e t t u siitä, että on kamera ja valonlähde, jolloin valonlähteestä tuotetaan valonsäde työstettävälle pinnalle ja kameran avulla mitataan tarkka valonsäteen paikka ja että kamerahavaintoon perustuen tuotetaan työstettävän kappaleen pinnan dimensiotieto.
- 15
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen työstösolu, t u n n e t t u siitä, että mittajärjestelmä (90) käsittää työstettävän kappaleen ylä- ja alapuolella kamerat ja valolähteen, jolloin valolähteestä tuotetaan valonsäde työstettävälle pinnalle ja kameroiden avulla mitataan tarkka valonsäteen paikka, jolloin kameroilla havainnoidun valolinjan tarkka asema  
20 havainnoidaan kameroilla ja kyseiseen kamerahavaintoon perustuen tuotetaan työstettävän kappaleen pinnan dimensiotieto ja että mittausjärjestelmä (90) käsittää mittaustietokoneen (91), johon työstettävästä kappaleesta saatu mittatieto siirretään.
3. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen työstösolu, t u n n e t t u siitä,  
25 että valonlähteenä on laserskanneri, jolla skannataan valopisteitä mitattavalle pinnalle, jotka pisteet näkyvät kameralla viivana, jolloin kyseisen viivan havainnointiin perustuen määrätään havainnoitavan pinnan dimensiot.
4. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen työstösolu, t u n n e t t u siitä,  
30 että työstettävän kappaleen ollessa potkuri, on mitattavan siiven kummallakin puolella

ainakin kaksi kameraa ja yksi valolähde ja että valoviiva tuotetaan työstettävän kappaleen reunalta, sen keskiosaa kohti.

- 5 5. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen työstösolu, t u n n e t t u siitä, että on sellainen työpöytä, jossa on pyöritetty akseli ja siihen liittyy työstettävän kappaleen kiinnitysvälineet, jolloin työstettävä kappale on käännettävissä akselia moottorilla pyörittämällä.
- 10 6. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen työstösolu, t u n n e t t u siitä, että on kulma-anturi (29), jonka avulla mitataan työpöydän akselin (14) tarkka kulma-asema ja siten akselin mukana pyörimään sovitetun työkalun (P) tarkka asema ja että rakenteessa työkalu, edullisesti potkuri (P) on sovitettu akselin geometriselle keskiakselille (X) symmetrisesti.
- 15 7. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen työstösolu, t u n n e t t u siitä, että valolähteestä tuotettu valoviiva ohjataan työstettävän kappaleen reunalta työpöydän geometrisen akselin (X) kautta, ja jos työstettävänä kappaleena (P) on potkuri, kohdistetaan valonlähteestä valonsäde (S) potkurin lavan ulkoreunasta potkurin (P) navan (N) keskeisesti ja kunkin mittaviivan havainnoinnin jälkeen kierretään potkuria (P) työpöydän akselia (14) moottorilla (19) kiertämällä, jolloin järjestelmässä on ainakin kahdet valon tuottavat välineet potkurin (P) mitattavan lavan ( $L_1$ ) sekä yläpuolella että alapuolella, jolloin valoviiva kohdistetaan potkurilapaan ( $L_1$ ) sen yläpuolelle ja alapuolelle samassa pystytasossa.
- 20 8. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen työstösolu, t u n n e t t u siitä, että työstävänä työkaluna (101) työstörobotissa (100) on hiontatyökalu, edullisesti hiontalaikka ja että laitteisto käsittää työstörobotille (100) useita eri työkaluja, jolloin järjestelmässä keskustietokone (70) käsittää ohjelmiston, jolloin mittatiedon perusteella valitaan optimityökalu (60) poistettavan materiaalmäärän, materiaalilaadun, vaadittavan pinnanlaadun ja työstöpinnan sijainnin perusteella.
- 30

9. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen työstösolu, t u n n e t t u siitä, että laitteisto käsittää suunnittelutietokoneen (95), johon syötetään tiedot työstettävän kappaleen halutusta lopullisesta geometriasta ja josta suunnitteludata siirretään edelleen keskustietokoneeseen (70).

5

10. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen työstösolu, t u n n e t t u siitä, että työpöytä (10) käsittää työpöytää lattiatason suhteen liikuttavat toimilaitteet (12a<sub>1</sub>, 12a<sub>2</sub>; 19), edullisesti sylinterit (12a<sub>1</sub>, 12a<sub>2</sub>), ja että laitteisto käsittää moottorin (19), edullisesti sähkömoottorin, joka on sovitettu pyörittämään työpöydän (10) akselia  
 10 (14), johon on kiinnitetty kiinnitysvälineet kappaleen (P) kiinnittämiseksi ja että akseli (14) on ontto, jonka sisäisen tilan (u<sub>1</sub>) kautta on viety lukitussylinterin (27) varsi (26), jolloin lukitussylinteri (27) on sovitettu kiinnittämään työstettävän kappaleen (P) tarkkaan asemaan kartioita (24, 32) vasten, jolloin toimilaitteen (12a<sub>1</sub>, 12a<sub>2</sub>) avulla on työstettävä edullisesti hiottava kappale (P) nostettavissa eri työskentelykorkeuksille, jolloin robotin  
 15 työkalun (60) avulla voidaan työkalua työstää sen molemmilta puolilta samalla työkalun (P) kiinnityksellä työpöytään (10).

11. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen työstösolu, t u n n e t t u siitä, että sylintereiden (12a<sub>1</sub>, 12a<sub>2</sub>) liikuttama runkokokonaisuus käsittää erilliset tasapaino-  
 20 tusanurit (22) erillisten sylinterilaitteiden (20a<sub>1</sub>), edullisesti rengassylinterin yhteydessä, jolloin kun lukitussylinteri (20a<sub>1</sub>) on avattu, työstettävä kappale työpöytään (10) sen kiinnitysalustaan (23) kiinnitettynä on nostettavissa tasapainotusanturien (22) varaan, jolloin voidaan mitata työstettävän kappaleen tasapaino ja kokonaisuudessa.

25 12. Menetelmä kappaleen (P) työstämiseksi, jossa menetelmässä kappale (P) kiinnitetään työpöytään (10) ja jossa menetelmässä käytetään erillistä kappaletta työstävää robottia (100) kappaleen pinnan työstämiseksi robotin työkalulla (60) haluttuihin mitta-arvoihin, t u n n e t t u siitä, että menetelmässä havainnoidaan erillisin laittein kappaleen pinnan dimensiot ja että kappaleen työstön ajaksi kappale kiinnitetään työpöytään (10) sen  
 30 kiinnitysalustaan (23) ja kappale (P) nostetaan toimilaitteella (12a<sub>1</sub>, 12a<sub>2</sub>) kiinnitysalus-

taan (23) kiinnitettynä siten, että se saadaan eri työskentelykorkeuksille eri työstöasemiin.

13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kappaletta  
5 pyöritetään työpöydässä (10) ja että robotilla (100) suoritettujen työstöjen välillä mitataan kappaleen dimensiot ja mittaustietojen perusteella suoritetaan kappaleen pinnan työstö.

14. Patenttivaatimuksen 12 tai 13 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että  
10 valolähteestä tuotetaan valonsäde mitattavan kohteen pinnalle, jolloin valonsäde muodostaa valokuovan, ja että valolähde on sovitettu tuottamaan valonsäde sekä työstettävän kappaleen yläpinnalle että alapinnalle ja että on toimilaitteet, jolla kappale on nostettavissa halutulle työskentelykorkeudelle työstön, edullisesti hionnan ajaksi, jolloin työpöytä kääntämällä ja työpöydän korkeusasemaa muuttamalla voidaan sama työkappale työstää irrottamatta välillä sen kiinnitystä työpöytään.

15

15. Edellä olevan patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että kappale kiinnitetään keskeisesti kappaleen symmetria-akselin osuessa työpöydän pyörittysakselin geometriselle keskeislinjalle (X), jolloin tuotetaan valolähteestä kappaleen pinnalle valopiste tai valonsäde ja kyseinen valopiste tai valonsäde havainnoidaan  
20 detektorilla, jolloin valonsäteen havainnointiin perustuen muodostetaan kappaleen pinnan profiilitiedot, jolloin kunkin mittauksen jälkeen käännetään kappaletta pyörittämällä työpöydän (10) akselia (14) ja tällöin siihen kiinnitettyä kappaletta (P) ja että valolähteenä on laservalolähde, josta tuotetaan valopiste havainnoitavalle työkappaleen pinnalle ja liikutetaan sitä skannaamalla suoraviivaisesti edullisesti työkappaleen  
25 reunalta sen keskialuetta kohti siten, että tuotettu mittasignaali, edullisesti valo kulkee keskilinjaa (X) kautta.

16. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen 12-15 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että työstettävänä kappaleena (P) on potkuri, joka kiinnitetään kartioiden (24,32)  
30 avulla työpöytään kartioiden (24,32) keskittäessä kappaleen siten, että se on pyöritettävissä geometrisen keskeisakselinsa ja akselin (14) geometrisen keskiakselin (X-akseli)

ympäri ja että kutakin mittausasemaa havainnoidaan pyöritysakseliin (14) liittyvällä kulma-anturilla (29).

17. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen 12-16 mukainen menetelmä, t u n n e t t u  
5 siitä, että kun työstettävänä kappaleena on potkuri (P), menetelmässä mitataan kukin  
potkurin (P) siipi (21) erikseen ja työstetään siiven (21) ylä- ja alapinta erikseen  
haluttuihin toleranssiarvoihin, jolloin työstettäessä pintaa suoritetaan aina työstöjen  
välillä työstettävän pinnan mittaus.
- 10 18. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen 12-17 mukainen menetelmä, t u n n e t t u  
siitä, että menetelmässä käytetään mittausjärjestelmän (90) mittaustietokonetta (91), jolla  
on tiedonsiirtoyhteys keskustietokoneeseen (70) ja että on erikseen suunnittelutietokone  
(95), joka on yhteydessä myös keskustietokoneeseen (70) ja että keskustietokone (70) on  
yhteydessä robotin ohjausyksikköön (50) ja logiikkaan (80) sekä työpöydän (10)  
15 ohjaukseen.
19. Jonkin edellä olevan patenttivaatimuksen 12-18 mukainen menetelmä, t u n n e t t u  
siitä, että robotin (100) työstäessä pintaa työvälineellä (60) edullisesti hiontalaikalla tai  
vastaavalla käytetään ohjelmaa, jossa työstettävä pinta on jaettu erilaisiin työstöalueisiin  
20 työstötarpeen mukaisesti, jolloin eri työstövaluissa suoritetaan ohjelman säätämällä  
optimiarvoilla ja työstövälineillä kyseisen työstöalueen työstö.

## Patentkrav

1. Bearbetningscell för bearbetning av ett stycke (P), vilken bearbetningscell innefattar en bearbetningsrobot (100), varvid man med hjälp av ett verktyg (60) som fästs vid roboten avlägsnar material från ytan av stycket för att få önskad form på ytan av stycket och vilken bearbetningscell innefattar ett arbetsbord (10), vid vilket stycket (P) som skall bearbetas fästs för tiden för bearbetningen, k ä n n e t e c k n a d därav, att bearbetningscellen innefattar ett mätsystem (90) som mäter stycket som skall bearbetas, med hjälp av vilket system man mäter de exakta dimensionerna av ytan som skall bearbetas, varvid anläggningen innefattar en centraldator (70), till vilken mätdata om stycket (P) som skall bearbetas överförs från mätsystemet (90) och att instruktionerna till bearbetningsrobotens styrenhet (50) produceras på basen av mätdata om stycket som producerats av mätsystemet (90).
2. Bearbetningscell enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a d därav, att mätsystemet (90) innefattar kameror och en ljuskälla ovanför och nedanför ett stycke som skall bearbetas, varvid man producerar en ljusstråle från en ljuskälla på ytan som skall bearbetas och med hjälp av kamerorna mäts det exakta stället av ljusstrålen, varvid det exakta läget av ljuslinjen som observeras med kamerorna och beroende på ifrågavarande kameraobservation produceras dimensionsdata om ytan av stycket som skall bearbetas och att mätsystemet (90) innefattar en mät dator (91), dit mätdata om stycket som skall bearbetas överförs.
3. Bearbetningscell enligt något av ovanstående patentkrav, k ä n n e t e c k n a d därav, att ljuskällan utgörs av en laserscanner, med vilka man avsöker ljuspunkter på ytan som skall mätas, vilka punkter syns som en linje på kameran, varvid man beroende på observationen av ifrågavarande linje bestämmer dimensionerna på ytan som skall observeras.
4. Bearbetningscell enligt något av ovanstående patentkrav, k ä n n e t e c k n a d därav, att då stycket som skall bearbetas är en propelleranordning finns det åtminstone



två kameror och en ljuskälla på bägge sidorna om vingen som skall mätas och att ljuslinjen produceras från kanten av stycket som skall bearbetas mot dess mittdel.

5. Bearbetningscell enligt något av ovanstående patentkrav, k ä n n e t e c k n a d  
5 därav, att det finns ett arbetsbord med roterad axel och till den har anslutits fästorgan för stycket som skall bearbetas, varvid stycket som skall bearbetas kan svängas genom att rotera axeln med en motor.

6. Bearbetningscell enligt något av ovanstående patentkrav, k ä n n e t e c k n a d  
10 därav, att det finns en vinkelgivare (29), med vilken man mäter det exakta vinkelläget på axeln (14) och det exakta läget av ett arbetsstycke (P) som anordnats att rotera med axeln och att det finns ett arbetsstycke i konstruktionen, som fördelaktigt är en propeller (P), och den är anordnad symmetriskt på den geometriska mittaxeln (X) av axeln.

15 7. Bearbetningscell enligt något av ovanstående patentkrav, k ä n n e t e c k n a d därav, att ljuslinjen som produceras från ljuskällan styrs från kanten av stycket som skall bearbetas via den geometriska axeln (X) av ett arbetsbord och då stycket (P) som skall bearbetas är en propeller, riktas ljusstrålen (S) från ljuskällan från den yttre kanten av plattformen av propellern centralt i naven (N) av propellern (P) och efter var  
20 och en observation av mätlinjen vrids propellern (P) genom att vrida axeln (14) av arbetsbordet med en motor (19), varvid det i systemet finns åtminstone två organ som producerar ljus både ovanför och under bladet ( $L_1$ ) av propellern (P) som skall mätas, varvid ljuslinjen riktas mot propellerbladet ( $L_1$ ) ovanför denna och under denna i samma vertikalplan.

25

8. Bearbetningscell enligt något av ovanstående patentkrav, k ä n n e t e c k n a d  
därav, att arbetsredskapet (101) som skall bearbetas i bearbetningsroboten (100) är ett  
slipverktyg, fördelaktigt ett slipskiva och att anläggningen innefattar flera olika verktyg  
för bearbetningsroboten (100), varvid centraldatoren (70) i systemet innefattar en  
30 programvara, varvid man på basen av mätdata väljer optimeringsverktyg (60) på basen

av materialmängden som skall avlägsnas, materialkvaliteten, den erforderliga ytkvaliteten och läget på bearbetningsytan.

9. Bearbetningscell, enligt något av ovanstående patentkrav, k ä n n e t e c k n a d  
5 därav, att anläggningen innefattar en planeringsdator (95), i vilken man matar data om den önskade slutgiltiga geometrin av stycket som skall bearbetas och därifrån planeringsdata överförs vidare till en centraldator (70).
10. Bearbetningscell enligt något av ovanstående patentkrav, k ä n n e t e c k n a d  
10 därav, att arbetsbordet (10) innefattar funktionsanordningar (12a<sub>1</sub>, 12a<sub>2</sub>; 19) som rör sig i förhållande till golvplanet, fördelaktigt cylindrar (12a<sub>1</sub>, 12a<sub>2</sub>), och att anläggningen innefattar en motor (19), fördelaktigt en elmotor, som är anordnad att bringa axeln (14) av arbetsbordet (10) att rotera, i vilken man fäst fästorgan för att fästa stycket (P) och axeln (14) är ihålig, via vars inre utrymme (u<sub>1</sub>) man fört skaftet (26) av låsnings-  
15 cylindern (27), varvid låsningscylindern (27) är anordnad att fästa stycket som skall bearbetas i exakt läge mot koner (24, 32), varvid stycket (P), som skall bearbetas, fördelaktigt slipas, kan höjas i olika arbetshöjder med hjälp av funktionsanordningen (12a<sub>1</sub>, 12a<sub>2</sub>), varvid arbetsstycket kan bearbetas med hjälp av verktyget (60) av roboten på bägge sidor av denna med samma fixering av arbetsstycket (P) vid arbetsbordet (10).  
20
11. Bearbetningscell enligt något av ovanstående patentkrav, k ä n n e t e c k n a d  
därav, att stomhelheten som förflyttas av cylindrarna (12a<sub>1</sub>, 12a<sub>2</sub>) innefattar separata balanseringsgivare (22) i samband med de separata cylinderanordningarna (20a<sub>1</sub>), fördelaktigt en ringcylinder, varvid då låsningscylindern (20a<sub>1</sub>) har öppnats, kan  
25 stycket som skall bearbetas, som är fäst vid arbetsbordet (10) vid dess fästunderlag (23), höjas med stöd av balanseringsgivaren (22), varvid jämvikten och helhetsmassan av stycket som skall bearbetas kan mätas.
12. Förfarande för bearbetning av ett stycke (P), vid vilket förfarande ett stycke (P)  
30 fästs vid ett arbetsbord (10) och vid vilket förfarande man använder sig av en separat robot (100) för bearbetning av ytan av ett stycke med arbetsverktyget (60) av roboten

till önskade mätvärden, k ä n n e t e c k n a t därav, att vid förfarandet observeras dimensionerna på ytan av stycket med separata anordningar och för tiden för bearbetningen fästs stycket vid ett arbetsbord (10) vid dess fästunderlag (23) och stycket (P) höjs med en funktionsanordning (12a<sub>1</sub>, 12a<sub>2</sub>) under det att det är fäst vid fästunderlaget (23) på sådant sätt, att det kan fås i olika arbetshöjder i olika arbetslägen.

13. Förfarande enligt patentkrav 12, k ä n n e t e c k n a t därav, att stycket bringas att rotera i ett arbetsbord (10) och att man mellan bearbetningarna som utförs med roboten (100) mäter dimensionerna på stycket och på basen av mätdata utförs en bearbetning av ytan av stycket.

14. Förfarande enligt patentkrav 12 eller 13, k ä n n e t e c k n a t därav, att man producerar en ljusstråle från en ljuskälla till ytan av objektet som skall mätas, varvid ljusstrålen bildar en ljuslinje och att ljuskällan är anordnad att producera en ljusstråle både på den övre ytan och den undre ytan av stycket som skall bearbetas och att det finns funktionsanordningar, med vilka stycket kan höjas till önskad arbetshöjd för tiden för bearbetningen, fördelaktigt slipningen, varvid man genom vridning av arbetsbordet och ändring av höjdläget på arbetsbordet kan bearbeta samma arbetsstycke utan att däremellan lösgöra dess fixering till arbetsbordet.

15. Förfarande enligt ovanstående patentkrav, k ä n n e t e c k n a t därav, att stycket fäst centralt då symmetriaxeln av stycket träffar den geometriska mittlinjen (X) av rotationsaxeln av arbetsbordet, varvid man producerar en ljuspunkt eller ljusstråle på ytan av stycket från en ljuskälla och ifrågavarande ljuspunkt eller ljusstråle observeras med en detektor, varvid man utgående från observationen av ljusstrålen bildar profildata om ytan av stycket, varvid man efter var och en mätning svänger axeln (14) av arbetsbordet (10) och härvid ett stycket (P) som fästs vid denna genom rotation av stycket och att en laserljuskälla fungerar som ljuskälla, därifrån man producerar en ljuspunkt till ytan av arbetsstycket som skall observeras och förflyttar denna genom att scanna rätlinjigt fördelaktigt från kanten av arbetsstycket mot dess mittområde på

sådant sätt, att den producerade mätsignalen, fördelaktigt ljuset, löper via mittlinjen (X).

16. Förfarande enligt något av ovanstående patentkrav 12-15, k ä n n e t e c k n a t  
5 därav, att stycket (P) som skall bearbetas är en propeller, som fästs vid arbetsbordet med hjälp av koner (24,32), varvid konerna (24,32) koncentrerar stycket på sådant sätt, att den kan roteras kring sin geometriska centralaxel och den geometriska mittaxeln (X-axeln) av axeln (14) och att vart och ett mätläge observeras med en vinkelgivare (29) i anslutning till rotationsaxeln (14).

10

17. Förfarande enligt något av ovanstående patentkrav 12-16, k ä n n e t e c k n a t  
därav, att då stycket som skall bearbetas är en propeller (P), mäter man vid förfarandet var och en vinge (21) i propellern (P) skilt för sig och bearbetar den övre och undre ytan av vingen (21) separat till önskade toleransvärden, och då man bearbetar  
15 ytan utför man alltid en mätning av ytan som skall bearbetas mellan bearbetningarna.

18. Förfarande enligt något av ovanstående patentkrav 12-17, k ä n n e t e c k n a t  
därav, att man vid förfarandet använder en mät dator för mätsystemet (90), som har en dataöverföringsförbindelse till centraldatorn (70) och att det finns en separat plane-  
20 ringsdator (95), som också är i förbindelse med centraldatorn (70) och att centraldatorn (70) är i förbindelse med styrenheten (50) av roboten och till logiken (80) samt till styrningen av arbetsbordet (10).

19. Förfarande enligt något av ovanstående patentkrav 12-18, k ä n n e t e c k n a t  
25 därav, att då roboten (100) bearbetar ytan med ett arbetsorgan (60), fördelaktigt en slipskiva eller motsvarande, används ett program, enligt vilket ytan som skall bearbetas är indelad i olika slag av bearbetningsområden efter bearbetningsbehov, varvid man utför bearbetningen i olika gjutningsskeden med opitimumvärden som reglerats av programmet och bearbetningen av ifrågakvarande arbetsverktyg med bearbetningsorgan.

30

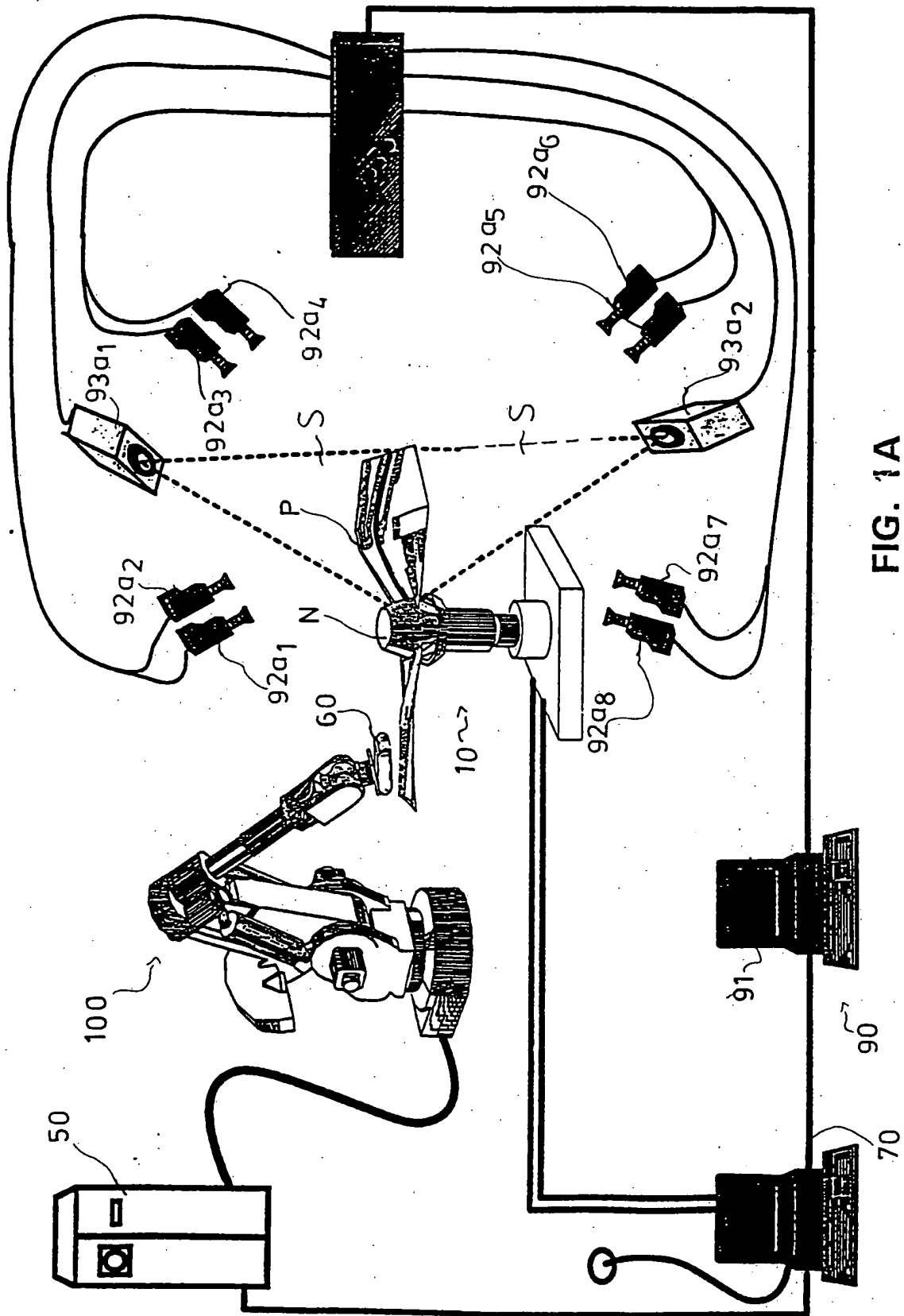


FIG. 1A

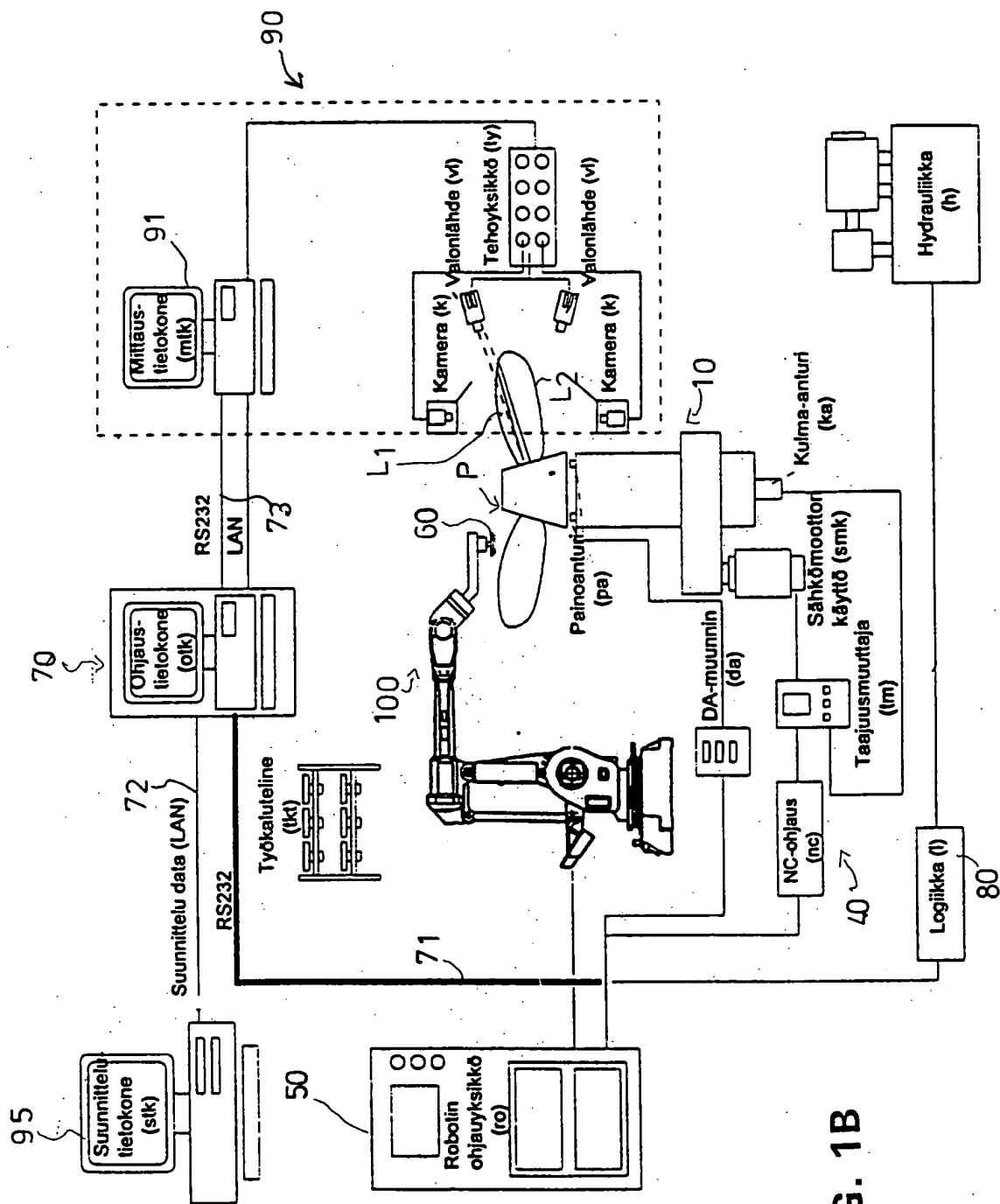


FIG. 1B

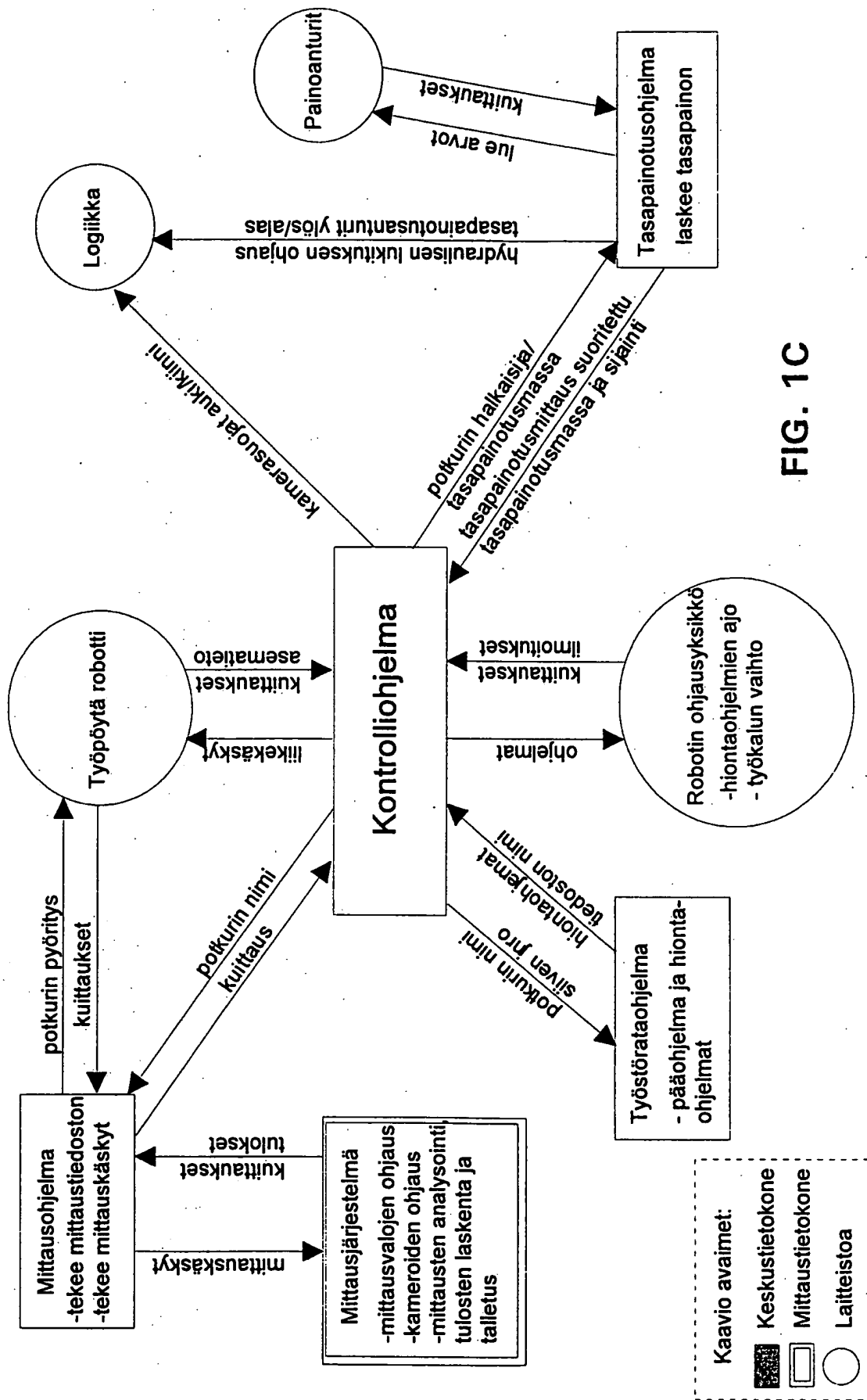


FIG. 1C

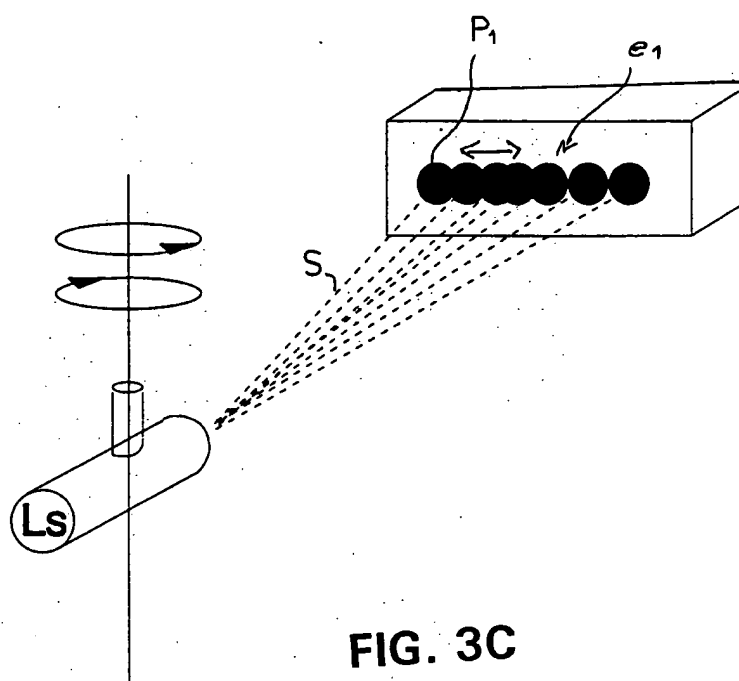
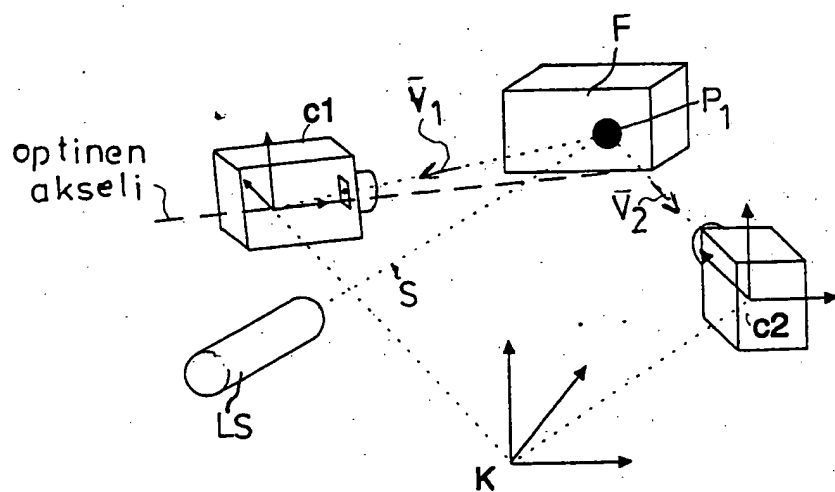


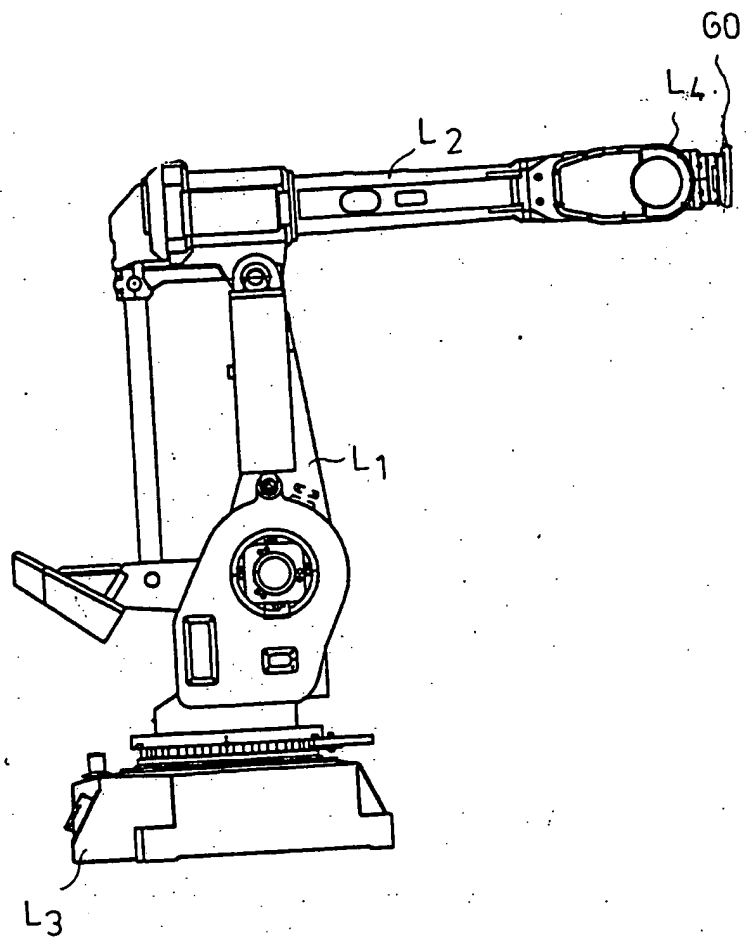
FIG. 3C





**FIG. 3A**

FIG 2C



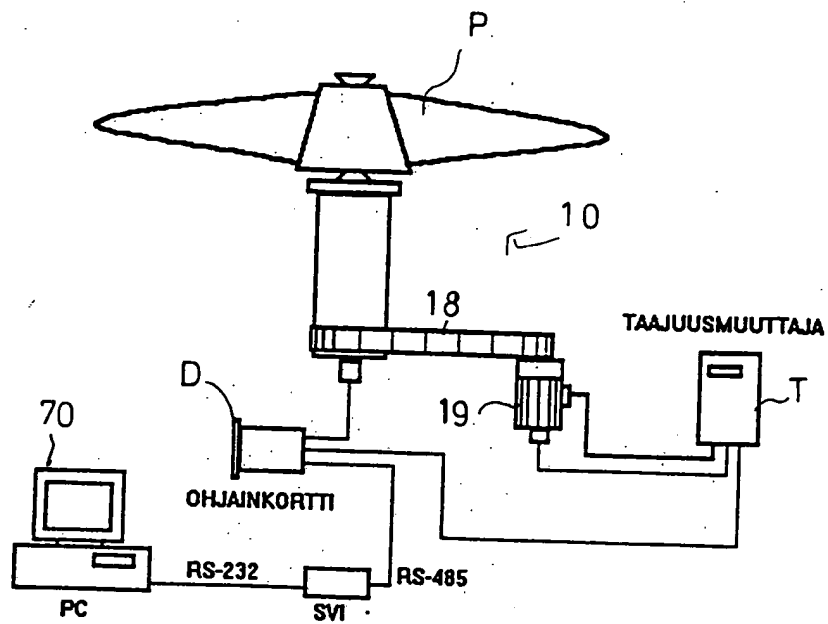


FIG. 2B

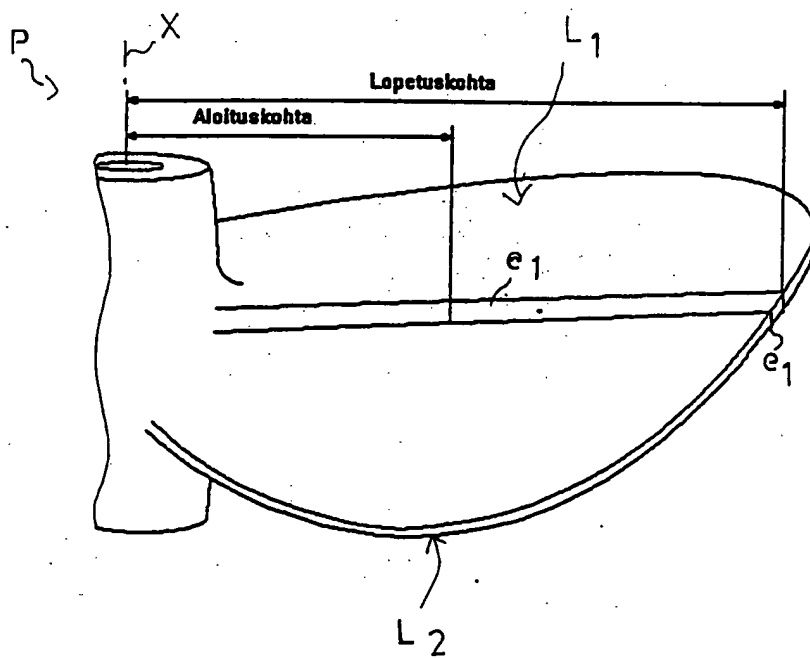
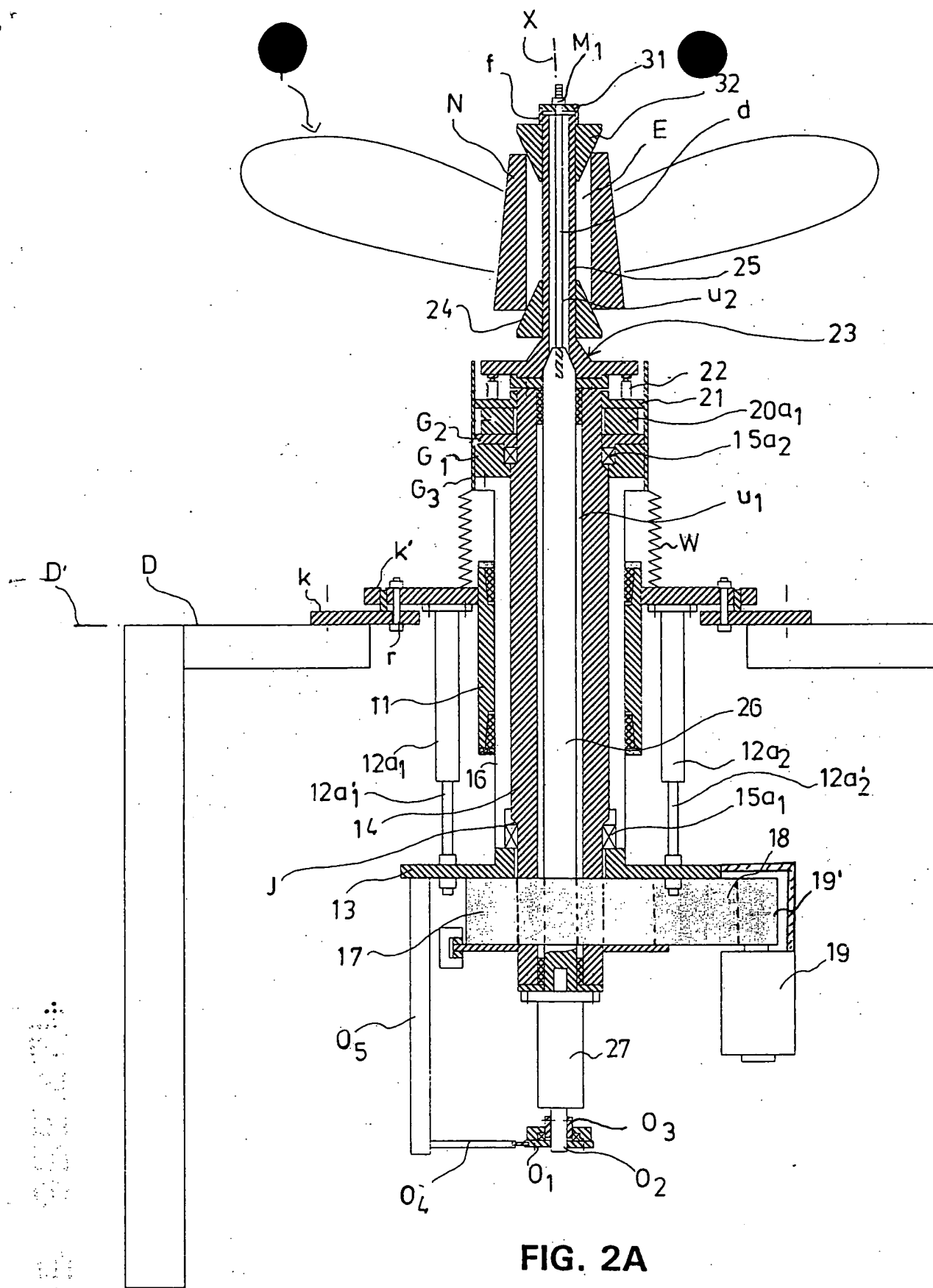


FIG. 3B

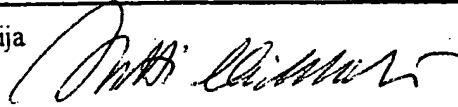


PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS  
Patentti- ja innovaatiolinja

TUTKIMUSRAPORTTI

HAKEMUSNUMERO	LUOKITUS
955274	B25j 19/04
<input type="checkbox"/> jatkuu kääntöpuolella	

TUTKITTU AINEISTO
Patenttivirastojen julkaisut FI, SE, NO, DK, DE, CH, EP, WO, GB, US: B25j 19/00-06, 13/08 B23g 16/12, 35/127, 178 B24B 49/12, 5/00
<input type="checkbox"/> jatkuu kääntöpuolella
Muu aineisto
<input type="checkbox"/> jatkuu kääntöpuolella

VIITEJULKAISUT		
Kategoria*)	Julkaisun tunnistetiedot	Koskee vaatimuksia
X, Y	FI(A) 932781 (B25j 19/04)	1-3, 8, 9, 12-15, 18, 19
X, Y	WO(A) 89/07037 (B23g 35/123)	— " —
X, Y	EP(A) 163 076 (— " —)	— " —
X, Y	EP(A) 510 208 (— " —)	— " —
X, Y	SE(B) 403 321 (— " —)	— " —
<input type="checkbox"/> jatkuu kääntöpuolella		
<p>*) X Patentoitavuuden kannalta merkittävä julkaisu yksinään tarkasteltuna Y Patentoitavuuden kannalta merkittävä julkaisu, kun otetaan huomioon tämä ja yksi tai useampi samaan kategoriaan kuuluva julkaisu A Yleistä tekniikan tasoa edustava julkaisu, ei kuitenkaan patentoitavuuden este</p>		
Päiväys	Tutkija	
10/9-96		

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**